nženýrská
sychologie

8414

spn



Í ŠTIKAR, JIŘÍ HOSKOVEC, MICHAL STRÍŽENEC

Inženýrská psychologie

JIŘÍ ŠTIKAR
JIŘÍ HOSKOVEC
MICHAL STRÍŽENEC

STÁTNÍ
PEDAGOGICKÉ
NAKLADATELSTVÍ
PRAHA

KNIŽNICA
Katedra psychológie FF UPJŠ SAV - ČSAV

Popper | 8414

Recenzovali: doc. dr. J. Khol, DrSc., doc. dr. M. Bandžejová, CSc.

Schváleno výnosem ministerstva školství ČSR, č. j. 8348/81-31,
ze dne 24. února 1981, jako učebnice pro vysoké školy.

© Státní pedagogické nakladatelství, 1982

Obsah

ÚVOD 7

I. PŘEDMĚT A VÝVOJ INŽENÝRSKÉ PSYCHOLOGIE 9
1. Předmět a obsah 9
2. Místo inženýrské psychologie v systému věd 15
3. Základní úkoly 19
4. Rozvoj inženýrské psychologie 21

II. TEORIE A HLAVNÍ SMĚRY SOUČASNÉ INŽENÝRSKÉ PSYCHOLOGIE . . . 33
1. Systémový a interdisciplinární přístup 33
2. Základní směry 39
3. Současné trendy sovětské inženýrské psychologie 39
4. Inženýrskopsychologické projektování 41

III. METODOLOGICKÉ OTÁZKY 42
1. Analýza systému a jeho složek 42
2. Modelování a experiment 43
3. Rozdělení funkcí mezi člověka a stroj 52
4. Hodnocení systému 53
5. Etapové modelování a syntéza adaptivních biotechnických a ergatických systémů 58

IV. ČINNOST ČLOVĚKA JAKO OPERÁTORA V RŮZNÝCH SYSTÉMECH TECHNICKÉHO ŘÍZENÍ 60
1. Řízení technických systémů člověkem a operátorské profese 60
2. Analýza činnosti operátora 63
3. Metody analýzy činnosti operátora 68
4. Klasifikace systémů a činností operátora 72
5. Příprava operátorů 75

V. UKAZATELE PRÁCE A ZÁTĚŽE OPERÁTORŮ 78
1. Zatížení v technických systémech a zátěž operátora 78
2. Časové charakteristiky činnosti operátora a systému 80
3. Spolehlivost operátora a systému 83
4. Metody zjišťování zátěže operátora 92
5. Zátěž a únava operátora při práci s obrazovkovým terminálem 98

KNIŽNICA

VI. PŘÍJEM, UCHOVÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ A PŘEDÁVÁNÍ INFORMACÍ SE ZAMĚŘENÍM NA SIGNALIZAČNÍ PROSTŘEDKY 104
1. Zrakové vnímání a vizuální sdělovače 104
2. Sluchové vnímání a auditivní sdělovače 127
3. Pozornost a bezprostřední paměť při sledování sdělovačů 132

VII. MYŠLENÍ A ROZHODOVÁNÍ 141
1. Nároky na myšlení ve výrobě 142
2. Myšlení operátora a mentální model 143
3. Dosavadní výzkumy v oblasti myšlení 145
4. Rozhodování operátora 148

VIII. POHYBOVÉ SLOŽKY ČINNOSTI SE ZAMĚŘENÍM NA KONSTRUKCI OVLÁDAČŮ 151
1. Pohybová činnost a ovládače 151
2. Charakteristiky ovládačů 156
3. Zásady pro volbu ovládačů 160

IX. SIMULÁTORY 162
1. Druhy simulace 162
2. Psychologické principy konstrukce simulátorů 166
3. Použití simulátorů pro výcvik 176
4. Použití simulátorů pro výzkum 180

X. ČLOVĚK V AUTOMATIZOVANÉM SYSTÉMU ŘÍZENÍ (ASŘ) 183
1. Základní psychologické problémy budování ASŘ 183
2. Analýza profesí ve výpočtovém středisku 185
3. Komunikace člověka s počítačem 189
4. Člověk a výpočtová technika při řízení technologických procesů a podniků 192

XI. VLIV PODMÍNEK PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ I PROSTOROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ A VZÁJEMNÝ VZTAH ČLOVĚK — TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ . . 198
1. Činitele vnějšího prostředí 198
2. Prostorové modelování, antropometrie a somatografie 201
3. Uspořádání v systému 207

XII. SKUPINOVÉ CHOVÁNÍ V SYSTÉMU LIDÉ — TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ . . . 209
1. Skupinová činnost operátorů obecně 209
2. Komunikace a kooperace 212
3. Řeč a jiné způsoby sdělování informace 217

XIII. INŽENÝRSKOPSYCHOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ A HODNOCENÍ SYSTÉMU ČLOVĚK — STROJ 219
1. Zásady inženýrskopsychologického projektování a hodnocení systémů . . 219
2. Stacionární stroje a technická zařízení 222
3. Mobilní stroje a technická zařízení 225

XIV. PŘÍLOHY 229

LITERATURA 241

VĚCNÝ REJSTŘÍK 253

Úvod

Rozvoj společenské výroby a zvýšení její efektivnosti je jednou z důležitých podmínek vytvoření materiálně technické základny naší společnosti. Je třeba sjednotit výsledky vědeckotechnické revoluce s přednostmi socialistického hospodářského systému.

V současných podmínkách se technické prostředky a technologické procesy stávají složitějšími. Sama vědeckotechnická revoluce z hlediska funkčního je přechodem k technickým systémům. Takový přechod podstatně mění podmínky, charakter a obsah práce. Stále větší důležitosti nabývají funkce kontroly, programování a řízení. Podle míry přechodu ke komplexní automatizaci výroby vzrůstá úloha člověka jako subjektu práce a řízení. Vznikl problém souladu mezi konstrukcí strojů a pracovními charakteristikami člověka.

Učebnice Inženýrská psychologie vychází ze zásady komplexnosti, a zahrnuje proto hlediska více vědních disciplín. Poznatky jsou srovnávány, hodnoceny a spojovány v jednotný systém požadavků, zejména na operátorský druh pracovní činnosti a podmínek, za nichž probíhá. Uvažovány jsou nejen jednotlivé funkční možnosti vnímání, rozhodování a jednání, ale i činnost člověka celkově a její sociálně psychologická závislost.

Do výkladu byly zahrnuty všechny podmínky, na nichž závisí úspěch práce člověka. Optimalizace podmínek pracovní činnosti vychází z komplexního přístupu k systému člověk — stroj — pracovní prostředí.

V učebnici se vychází za hranice úzce inženýrského přístupu. Z hlediska jednoty teorie a praxe předchází příkladům aplikace a řešení praktických inženýrskopsychologických problémů vědecká analýza pracovních procesů a podmínek, v nichž se uskutečňují.

Oblast inženýrské psychologie je poznatkově poměrně bohatá. Vzhledem k tomu, že se i rychle vyvíjí, usiluje tato publikace o podání především základní orientace a přehledu obecněji platných poznatků z velmi rozsáhlého oboru.

Aby studium inženýrskopsychologických otázek bylo efektivním a trvalým přínosem, zejména z hlediska užití poznatků v praxi, musí pokračovat v dalším sledování literatury.

Učebnice má seznámit čtenáře se základními zákonitostmi a strukturou vzájemných vztahů, kterými se řídí praktická činnost v oblasti inženýrské psychologie a naučit je vhodným metodám práce.

Mají-li mít uváděné poznatky trvalejší hodnotu, musíme z dosavadního vývoje a z rozboru současného stavu získat obecnější poznatky, vztahy a zákonitosti, které se mohou stát základem pro naši činnost. Týmová práce specialistů v oboru systémů člověk — stroj, v němž je místo odborného psychologa velmi důležité, se zaměřuje nejen na vývoj, konstrukci, přípravu a řízení technických systémů s lidským činitelem, ale bude zasahovat i do aplikovaného výzkumu v etapách vývojových, do praktického provozu systémů i do etap povýrobních.

Učebnici jsme nepojali jako příručku, která by byla kompilací inženýrskopsychologických dat, ale snažili jsme se o zdůvodnění teoretických a metodologických hledisek (uvedených především v kap. I.—III.), která jsou nezbytným východiskem pro výzkum i pro řešení speciálních problémů (kap. IV.—XIII.). Pozornost je věnována též technikám přizpůsobení člověka, zejména otázkám výcviku, jež jsou důležité pro návrh systémů člověk — technika. Budoucnost ukáže i další možnosti inženýrské psychologie, např. v oblasti ekologie, architektury atd.

Speciální údaje k jednotlivým konstrukčním i jiným úlohám najde čtenář v literatuře uvedené v seznamu.

Autory kapitoly I, IV—VI, VIII, IX, XI—XIII jsou dr. J. Štikar, CSc. a dr. J. Hoskovec, CSc., autorem kapitoly II, III, VII a X je dr. M. Stríženec, CSc.

I. Předmět a vývoj inženýrské psychologie

1. PŘEDMĚT A OBSAH

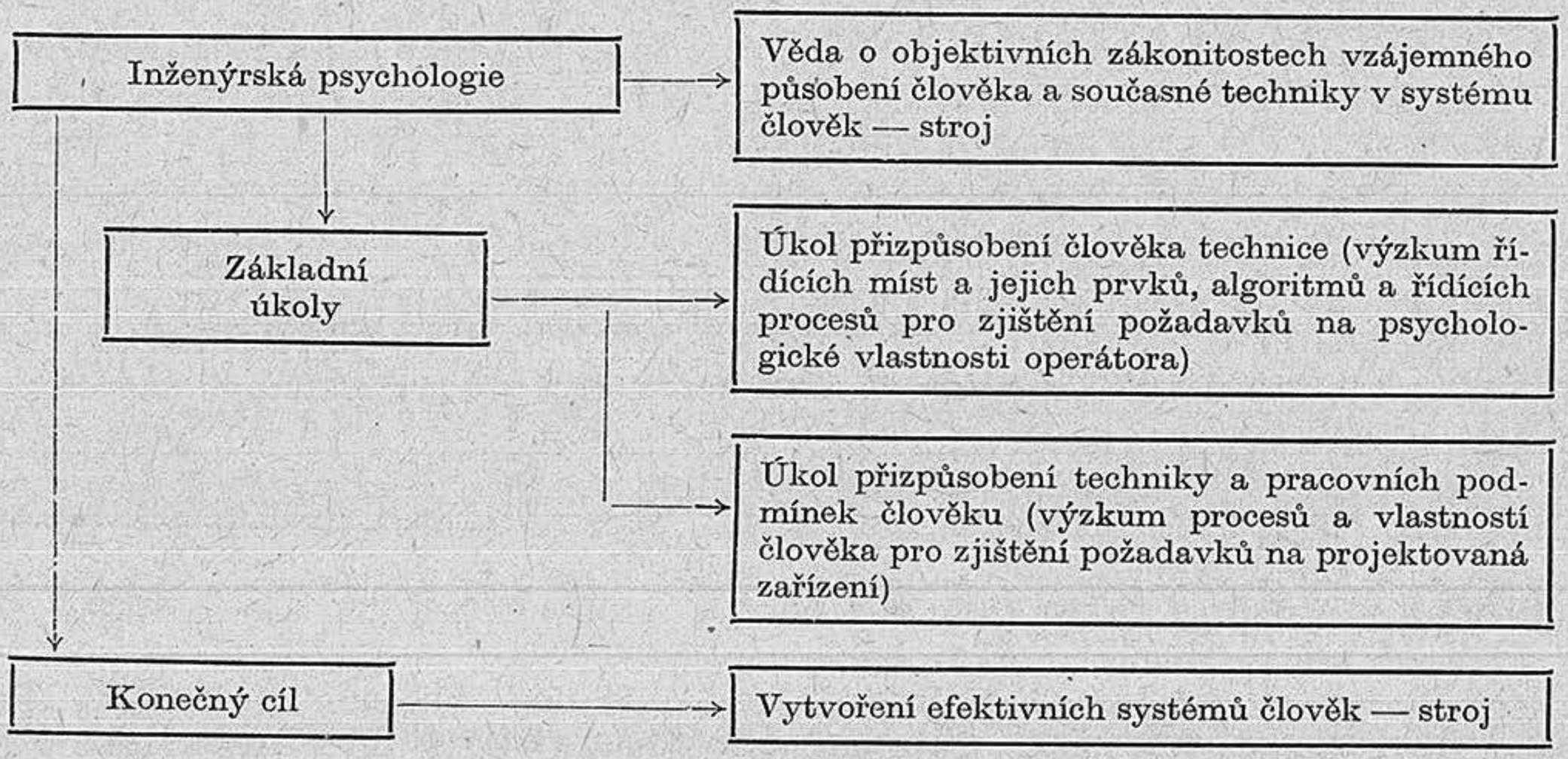
Problém vzájemného působení a souladu možností člověka a techniky je jedním z nejdůležitějších problémů současné vědy. Růst rychlosti a výkonnosti výrobních procesů, jejich složitost, nezbytnost zajistit vysokou přesnost jejich průběhu zdůraznilo úlohu lidského činitele při tvorbě a užívání složitých systémů. Lidským činitelem se rozumí soubor vlastností člověka působících na efektivnost systému člověk — stroj, jež je nutno respektovat při projektování a užívání těchto systémů.

Ve spojení s rozšířením pojmu lidský činitel se ukázalo nezbytné zahrnout nejen anatomické a fyziologické vlastnosti člověka, ale především jeho vlastnosti psychické (Hyhlík, Nakonečný, 1973). Vznikla také potřeba nový způsob respektovat. Při tvorbě a užití techniky je nezbytné určit ty vlastnosti člověka, jež jsou pro něho nutné k řízení techniky, a při tvorbě nové techniky nalézat taková řešení, která by zabezpečovala, aby se maximálně uplatnily zjištěné kvality člověka. Jinak řečeno, současné stroje a technická zařízení musí vyhovovat nejen technickým požadavkům na ně kladeným, ale také anatomickým, fyziologickým a psychologickým požadavkům, určeným zvláštnostmi činnosti člověka. Přitom nejvyšší úrovní této skupiny požadavků jsou požadavky psychologické. Ony určují přiměřenost techniky psychickým vlastnostem člověka, tj. vnímání, paměti, myšlení, vytváření dovedností atd.

Možnosti člověka se podstatně rozšiřují ve všech oblastech činnosti pomocí automatizačních prostředků, elektronické počítačové techniky a řídících technických prostředků. Vytvářejí se automatizované prostředky řízení oddělenými agregáty a technologickými procesy, ale i celými provozy, závody a průmyslovými odvětvími. Užití automatizovaných prostředků řízení nevylučuje člověka z procesu řízení. Inženýrská psychologie je spojena s výzkumem činnosti člověka v systémech kontroly a řízení. Znalosti psychologických možností člověka, zejména zvláštností vnímání, paměti, operativního myšlení a pohybové činnosti, jsou pro inženýry nezbytné.

Inženýrská psychologie je vědecký obor zkoumající objektivní zákonitosti procesů vzájemného působení člověka a techniky s cílem jejich využití při projekci, budování a činnosti systémů člověk — stroj. Na schématu 1 je znázorněn předmět, cíl a úkoly inženýrské psychologie.

Schéma 1
Předmět, cíl a úkoly inženýrské psychologie (Sereda, 1976)



Za předmět inženýrské psychologie se považuje buď činnost operátora v systému člověk — stroj (úzké pojetí), nebo tzv. lidský činitel ve výrobních i jiných systémech (širší pojetí). Koncepce systému člověk — stroj založená na kybernetických představách o zpětné vazbě a informačních procesech je užitečná, pokud hlavním východiskem mezi člověkem a technickým zařízením je problém automatizace. V průběhu času byly vazby mezi člověkem a technickými zařízeními rozšířeny o sociální vazby a mezilidské vztahy v rámci systému (Guščin, Piskoppeľ, Ščedrovickij, 1979) i o pracovní prostředí vůbec.

Informační přístup

V kterékoli činnosti, kterou člověk provádí, ať již je více tělesná, či duševní, vyhledává, přijímá, zpracovává nezbytnou informaci a jedná podle ní. Výsledkem těchto činností je nový zdroj informací, které opět musí zpracovat atd. Pro značnou různorodost činností člověka a pracovních situací je obtížné přesně definovat oblast inženýrské psychologie. Teorie příjmu, zpracování a užití informace může být vzata za základ, podle něhož lze navrhovat stroje a zařízení, ovšem s ohledem k lidským schopnostem a jejich mezím.

Předmětem inženýrské psychologie v pojetí zdůrazňujícím teorii informace jsou procesy a struktura informačního vzájemného působení člověka a technických zařízení, tj. procesy příjmu, zpracování a uchovávání informací člověkem, rozhodování a psychologická regulace řídících činností.

Systémový přístup

Při charakteristice systémového přístupu se upozorňuje na tři roviny výzkumu: předmětnou, funkční a historickou. Předmětný aspekt systé-

mového výzkumu má zkoumat jednotlivé složky (podsystémy) a jejich vzájemné vazby. Jde tu o prvkovou (složkovou) a strukturní analýzu systému. Představa o systému jako celostnosti vyžaduje neomezovat se na popis částí a představovat si jej jako nutný a postačující pro existenci daného systému. Abychom se vyhnuli intuitivnímu chápání zkoumaného systému jako celku, přistupujeme ke zkoumanému systému jako k části určitého nadsystému, tj. zvnějšku, z prostředí, do něhož je vepsán a v němž funguje.

Určení dostatečnosti prvků skládajících systém odhaluje cestu ke zkoumání vnitřní organizace, při jejíž analýze jde o odhalení zákonitosti vzájemných vztahů a o stanovení stupně složitosti daného systému. Je třeba vzít v úvahu, na jaké úrovni se nacházejí skladebné složky (nebo podsystémy) této vnitřní organizace. Jejich vztahy mohou mít koordinační charakter, jsou-li na téže úrovni, nebo subordinační, nacházejí-li se na dvou nebo několika úrovních. Je možné i sloučení obou typů vzájemných vztahů prvků, kdy struktura má horizontální a vertikální profil.

Provedená prvkově strukturní analýza dovoluje přejít k vnější a vnitřní funkci systému. Vnitřní funkce je dána prvkovou skladbou a její strukturou. Vnější funkce určuje charakter vzájemné součinnosti všech prvků systému.

Vnější funkce systému má dvoustranný charakter vyjádřitelný v kybernetických pojmech přímé a zpětné vazby. Lze mluvit o vzájemné determinaci a vzájemné receptivitě. Analýza vnější funkce předpokládá zkoumání jeho adaptivní a zároveň adaptující aktivity. Při zkoumání sociálních objektů je třeba uvedené aspekty konfrontovat s aspektem historickým. Historický aspekt má dva vektory: genetický a prognostický.

K použití systémového přístupu i ve vztahu k inženýrské psychologii se vyjádřili Matoušek, Růžička a Hladký (1972). Jeho význam spatřují v možnosti věcně posoudit chování člověka v práci, s přiměřenou citlivostí pro závažnost jednotlivých faktorů. Systémový přístup nedovoluje přeceňovat význam odděleně zachycovaných znaků. Na druhé straně chrání před snižováním významu psychologických nálezů.

Další význam systémového přístupu v psychologii práce vidí jmenovaní autoři v tom, že ji vymaňuje z vlastního omezení, neboť srovnává jednotlivá zjištění nebo doporučení nezávisle na psychologické interpretaci. Tím dochází k řešení jedné z nejnáročnějších metodických otázek, kterou je stanovení převodních mechanismů mezi zjištěnými poznatky a provozní situací. Při použití systémového přístupu dochází k prohlubování obecné úrovně psychologie práce, neboť ruší hranice mezi teoretickou a aplikovanou psychologickou prací.

Konečně vytváří systémový pohled základnu interdisciplinárního výkladu chování člověka v práci, a zejména srovnatelné zhodnocení nálezů dosažených v rámci technického a dalšího odborného rozboru.

Interdisciplinární přístup je s to sloučit rozdrobenost směrů poznání člověka, jak je zkoumají jednotlivé disciplíny, v jeden složitý dynamický systém. Platí to i pro člověka v automatizovaných systémech řízení, kde (Sereda, 1976) interdisciplinární přístup je prostředkem v řešení praktických otázek přípravy operátorů (výuka, výchova, vytváření morálně volních vlastností). Bez použití takového přístupu není možné správně formulovat a zdůvodňovat metodologické principy inženýrské psychologie.

Systém člověk — stroj — prostředí představuje množinu prvků označovaných obvykle jako komponenty fyzikální, biologické a společenské. Tyto komponenty mají rozdílné charakteristiky a vzájemně se ovlivňují. Působení může být pozitivní, indiferentní či negativní. Důsledky pro působení jednotlivých základních komponent, jež jsou přímo či nepřímo kvantifikovatelné v kritériích, jsou objektivní, či subjektivní povahy. K objektivním patří např. produktivita, kvalita, účinnost, ekonomická nákladnost, životnost, technická spolehlivost, technická bezpečnost. K subjektivním patří vztah člověka ke stroji, vyjadřovaný v pojmech psychologických (komfort, spokojenost, estetičnost, seberealizace, psychická zátěž, monotónnost, únava apod.), fyziologických (tělesná zdatnost, reaktivita, adaptabilita fyziologických funkcí, citlivost či odolnost vůči exogennímu rušení nebo škodlivým vlivům, únavnost atd.) a zdraví (pojímaného nejen jako negace choroby, ale jako stav pohody psychické a sociální).

Pod pojmem stroj se rozumí technická zařízení využívaná při výrobě, dopravě, při domácích pracích atd. Jeho typickým rysem je především to, že provádí požadované úkoly a operace pomocí mechanismů, přičemž zdrojem energie není lidská síla. Rozsah a kvalita strojních operací je závislá na technologické úrovni stroje.

Technologická úroveň stroje je základní determinantou vztahů mezi člověkem a strojem. Technologická úroveň vymezuje druh úkonů, operací a skupin operací, jež člověk vykonává pomocí stroje.

Do širší východiskové kategorie technické složky systému člověk — technika se zahrnují kromě strojů též přístroje a nástroje.

Prostředí je souhrn všech činitelů materiální i nemateriální povahy, které působí na člověka a stroj.

K materiálním činitelům patří fyzikální, chemické, resp. biologické faktory prostředí, nemateriální, tj. sociální prostředí je dáno mezi-osobními vztahy horizontálně i vertikálně, způsoby komunikace, kooperace atd.

Matoušek (1979) vyděluje ze systému činnost informační, rozhodovací a pohybovou, které zde podle jeho pojetí uvádíme.

Činnost informační

Činnost informační je souhrnné označení aktivit senzorického a mentálního typu spočívajících v příjmu a zpracování informací, jež mají pro kontrolu a řízení systému význam. Nositelem informací jsou signály fyzikální povahy. Z velkého množství signálů, které ke smyslovým orgánům operátora přicházejí, je třeba vybírat signály významné a utlumovat ty, které působí šum.

Informační činnosti probíhají ve třech fázích: percepce, diskriminace a interpretace. Percepce může být přímá, jde-li o vnímání reálných stavů, dějů apod., nebo zprostředkovaná, jsou-li stavy či děje zobrazeny prostřednictvím technického zařízení, jež je vloženo mezi reálný objekt a člověka, nebo jsou-li zakódovány ve formě signálů předávaných pomocí sdělovačů.

Diskriminace signálů jako nositelů informací je závislá na kapacitě senzorických cest a na vlastnostech a schopnostech analyzátorů. Vý-

znamné je rozlišení signálů s informačním obsahem od pozadí bez informačního obsahu (šumu). O diskriminaci prostou jde tehdy, mají-li být rozlišeny dva stavy signálů (ano—ne), např. světelná návěstí. O diskriminaci relativní (komparativní) jde tehdy, mají-li být rozlišovány vícestavové nebo vícehodnotové signály, přičemž se mohou měnit buďto nepřetržitě (kontinuálně, spojitě — např. ručičkové ukazatele), nebo skokem (např. digitální ukazatele).

Interpretace je zhodnocení signálu, tj. přiřazení významu a přeměna signálu v informaci, jež má význam pro funkci daného systému. Pokud jsou informace kódovány, je interpretace totožná s dekódováním.

Při jednoduché interpretaci je po porovnání s určitou známou nebo na sdělovači označenou hodnotou význam okamžitě znám. Při analyticko-syntetické interpretaci musí být informace porovnána s paměťovými stopami získanými profesionálním výcvikem a předchozími zkušenostmi, případně musí být doplněna relevantními informacemi z dalších sdělovačů či výpočtů, kalkulací, analýz apod.

Činnost rozhodovací

Činnost rozhodovací je souhrnné označení aktivit mentálního charakteru, spočívající ve výběru jedné z více (alespoň ze dvou) variant dalšího postupu řízení nebo řešení technické situace. Rozhodování je buď operativní, nebo strategické.

Rozhodování operativní je dáno volbou jednorázového zásahu do systému zvolením pracovního pohybu, pracovní operace nebo postupu. Je založeno na elementární vazbě mezi přijatou informací a jejím významem pro činnost systému.

Rozhodování strategické je dáno úvahou o perspektivě i souborem zásahů do řízeného systému, jež určí jeho další funkci. Může být algoritmické, heuristické nebo kombinované. Volba typu rozhodování je dána buďto charakterem řízené soustavy, nebo druhem uchovávaných zkušeností.

Rozhodování algoritmické je jednoznačně určeno pomocí předem stanovených kritérií, jež nelze měnit, a jeho postup vede vždy ke stejnému typu zásahu do systému. Tento typ rozhodování buďto vede ke splnění cíle, anebo nikoli.

Rozhodování heuristické je charakteristické absencí algoritmu. Je výsledkem jednoduchých úkonů či operací, které jsou v průběhu řízení v systému hodnoceny vzhledem k danému cíli. Jednotlivé úkony představují dílčí rozhodnutí, která určují kvalitu splnění požadovaného cíle. Podle jejich výsledků se určuje další dílčí rozhodnutí. Nevylučuje se nedosažení cíle, jehož příčinou může být chyba v rozhodování člověka (nedostatek zkušeností, znalostí, ale i nedostatek informací).

Kombinované stereotypní rozhodnutí je dáno souborem algoritmických rozhodnutí, jejichž postup může být podle okamžitých výsledků měněn.

Činnost pohybová

Činnost pohybová je dána aktivitou různého množství svalových skupin, při níž se vykonává buď pohyb celého těla, nebo pouze končetin,

hlavně paží (pracovní pohyby, úkony, operace), přičemž svaly trupu a dolních končetin udržují požadovanou polohu těla. Pohybová složka se uplatňuje nejen při vykonávání manuálních pracovních operací, ale i při řízení strojů (působení na ovládače), při psaní ručním nebo strojovém (uplatnění svalů rukou) nebo při neverbální komunikaci (uplatnění svalů rukou) nebo při verbální komunikaci (mluvení, uplatnění mimických a dýchacích svalů).

Při práci buďto převažuje složka dynamická (pohyby konané různou rychlostí na různou vzdálenost, charakterizované izotonickými kontrakcemi a relaxací svalů), nebo statická (vynakládání síly na tah, tlak a držení a polohy těla s převahou déletrvající izometrické kontrakce).

Jednotlivým uvedeným typům činnosti odpovídají v konkrétních pracovních systémech určité druhy úkolů. V konkrétních případech systémů člověk — stroj se objevuje řada úkolů, které z hlediska činnosti vždy patří do některé ze tří základních kategorií (viz tabulka 1).

Tabulka 1

Příklady úkolů a odpovídajících činností v systému člověk - stroj (podle Matouška, 1979)

Úkoly	Činnosti
— Přímé zrakové (sluchové) pozorování (sledování) systému, resp. jeho částí či jiných objektů — Zprostředkované zrakové (sluchové) pozorování (sledování) pomocí zrakových a sluchových sdělovačů, týkající se průběžně sledovaných veličin a informací na vstupu i výstupu systému — Získávání zprostředkovaných informací čtením provozních písemností — Přijímání a vydávání příkazů, pokynů, instrukcí ústně či pomocí komunikačních technických prostředků (telefony, dispečerská zařízení, dálnopisy, monitory, radiotelefony apod.) — Přímé zrakové sledování okolí systému se zřetelem na jeho pohyb v prostoru — Přímé zrakové sledování okolí systému se zřetelem na kooperaci s dalšími pracovníky	Informační
— Volba typu a způsobu pracovního postupu (sledu operací), tj. typ algoritmu — Volba typu kooperace v pracovním týmu, tj. rozdělení úkolů — Volba typu prostředků, strojů či technických zařízení se zřetelem na optimální způsob dosažení cíle (strategie) — Diagnóza příčin vzniku odchylek systému od stanovených tolerancí — Volba způsobu odstranění odchylek (možnost volby algoritmu až heuristického řešení) — Provádění různých mentálních úkolů, jako jsou výpočty, kalkulace, sestavování grafů, tabulek a rozborů — Zadávání úkolů počítači, analýza sestav a závěrů, výstupních dat na počítači, sestavování programů pro počítač, matematickostatistické zpracování výsledků experimentu atd.	Rozhodovací
— Manipulace se soustavou ovládačů na stroji, na panelu, v kabině, v dozorně či v řídícím centru	Pohybové

2. MÍSTO INŽENÝRSKÉ PSYCHOLOGIE V SYSTÉMU VĚD

V posledních letech se podle Lučkova (1979) v sovětské literatuře zdůrazňuje, že podmínkou změny inženýrské psychologie ve skutečný prostředek technického pokroku je její profesionalizace. Jako důsledek bylo stanoveno rozpracovat teorii profesionalizace. Nezbytnou podmínkou pro vypracování takové teorie jsou zkušenosti z hraničních a příbuzných oborů. V té souvislosti je potřebný systémový výzkum vnitřní struktury a mezioborových vztahů inženýrské psychologie.

Analýza mezioborové oblasti inženýrské psychologie začíná rozborem oborů, které vznikly a jež je nutno brát jako relevantní ve vztahu k inženýrské psychologii.

S některými z těchto oborů se seznámíme. Rozbor literatury umožňuje vydělit z rozsáhlého souboru oborů, které obklopují inženýrskou psychologii ty, které jsou nejdůležitější pro retrospektivní analýzu mezioborové struktury, a to zvláště:

1. komplex disciplín člověk — technika (čeloveko-techničeskich, human engineering, human factor engineering, human factors, engineering psychology),

2. průmyslově organizační psychologii (industrial organizational psychology) a průmyslové inženýrství (industrial engineering), považované v západní literatuře buď za předchůdce komplexu disciplín člověk — technika, nebo za paralelní obory, které mají shodné funkce v jiných, šířeji pojímaných výrobních souvislostech,

3. systémovou techniku a operační výzkum, které jsou považovány za bezprostřední funkční příbuzné obory inženýrské psychologie.

Charakteristickým rysem těchto oborů je to, že všechny vznikly v kontextu řízení výroby jako prostředky řešení úloh v souvislosti s lidským činitelem. Tempo vývoje různě nazvaných disciplín a jejich zaměření na průmysl bylo určováno tím, v jakém stupni se ukázala přiměřenost k úlohám, které před ně kladlo řízení. To záviselo na úrovni rozvoje vědeckého poznání technických oborů v případě průmyslového inženýrství a psychologie v případě průmyslové a inženýrské psychologie.

Nehledě na služby, které průmyslové inženýrství a psychologie práce prakticky současně nabídly průmyslu, celou první polovinu našeho století v oblastech spojených s hledáním cest a prostředků ke zvýšení produktivity práce dominuje zvláště průmyslová technika ve svých mnoha modifikacích. V padesátých letech ji začíná nahrazovat psychologie práce jako odraz úplného proniknutí lidského činitele do průmyslu. Obory komplexu člověk — technika a inženýrské psychologie v USA vznikají v poválečných letech jako následek nových systémových druhů průmyslové výroby, nových představ o úloze lidského činitele v projektování systému člověk — stroj atd.

Z uvedených oborů je *průmyslové inženýrství* pro psychologa zvláště zajímavé. Tento obor je nejbližší psychologii práce a inženýrské psychologii. Vznikl na přelomu 19. a 20. století. Je spojen se jmény F. W. Taylora a později F. B. Gilbretha a L. M. Gilbrethové a s hnutím nazvaným vědecké řízení. Ve středu pozornosti byly technologické procesy, a nikoli způsoby společné či individuální pracovní činnosti lidí. Získané poznatky

se týkaly především otázek, jak je třeba vyrábět. Kritériem kompetentnosti k řízení byla znalost technologie.

Průmyslové inženýrství se vždy bude v období vzniku spojovat s časovými a pohybovými studiemi, které vznikly na přelomu dvacátých a třicátých let. Znamenaly začátek období paralelismu termínů i směrů průmyslového inženýrství. Rozvoj oboru vede k extenzitě výzkumů.

Časové a pohybové studie představovaly analýzu metod, výzkumných a provozních materiálů a také nástroj a prostředek užívaný při výrobě konkrétního produktu s cílem 1. zjistit nejekonomičtější způsob provádění odpovídající práce, 2. standardizovat metody, materiály, nástroje a prostředky, 3. přesně určit dobu nezbytnou průměrnému pracovníkovi k provedení pracovního úkolu a 4. naučit pracovníka nové pracovní metodě.

Padesátá léta byla spojena s ústupem průmyslového inženýrství. Jeho funkce jedna po druhé přešly do rukou představitelů psychologicko-sociologického zaměření a novějších systémově metodologických oborů (systémové inženýrství, systémová technika). Vedla k tomu různorodost a změny technického stavu průmyslu i jeho produktů i různorodost řídících funkcí v průmyslu. Proto bylo třeba přistoupit k systémovému pojetí a zdůraznit úlohu lidského činitele.

Průmyslové inženýrství se zabývá projektováním, zdokonalováním a praktickou realizací integrovaných systémů, zahrnujících lidi i techniku. Při plánování a hodnocení výsledků činnosti takových systémů se průmysloví inženýři opírají o poznatky a metody matematických, fyzikálních i společenských věd ve spojení s principy a metodami inženýrské analýzy a projektování. Současná teorie průmyslového inženýrství je blízká teorii inženýrské psychologie. Úsilí průmyslového inženýrství směřuje k překonání tradičně racionalizátorského pojetí činnosti uplatňování spíše na základě rozboru izolovaných složek práce.

Meister (1971) uvádí, že dva obory — průmyslové inženýrství, které bylo zaměřeno na měření efektivity práce, a psychologie, zaměřená na činitele výcviku, výběru a operativní charakteristiky pracovníků — přispěly hlavní měrou k vytvoření inženýrské psychologie.

Dlouhou dobu různé obory zkoumaly svůj předmět tak, že problém rozdělily na části, které analyzovaly odděleně. V základě takového přístupu k výzkumu předmětu a jevů byly mechanické koncepce jednoznačného determinismu. To vedlo k ohraničenosti poznatků o všech stránkách a procesech reálné skutečnosti a k omezením rozvoje praktických metod poznání. Ve způsobech analytického výzkumu bylo dosaženo značných úspěchů zejména ve fyzikálních vědách. Tento přístup se však ukázal málo produktivním při poznávání složitých objektů. Omezení tradičních metod při výzkumu těchto objektů vedlo k vytvoření nového přístupu — systémového.

Systémový přístup k výzkumu biotechnických komplexů v sovětské psychologii formuloval Lomov (1963); zdůraznil potřebu rozvinout nové formy syntézy oddělených oborů zkoumajících pracovní proces.

Obecné požadavky na systémové výzkumy v inženýrské psychologii formulovali Lomov, Rubachin a Venda (1977) následovně:

1. zkoumat inženýrskopsychologické problémy jako vícedimenzionální;

2. systém psychických jevů chápat jako víceúrovňový a hierarchicky uspořádaný;

3. zaměřit systémovou analýzu na zjištění „základů" různých vlastností zkoumaných objektů;

4. zkoumat systémy psychických vlastností člověka v dynamice, v rozvoji;

5. zamítnout zjednodušující schémata příčinného determinismu.

Samotné determinanty psychických jevů je třeba zkoumat jako složité struktury.

Ergonomie je vědní oblast zaměřená na interakci mezi člověkem a technickým prostředkem, který člověk vytváří; je to tedy rozsáhlejší obor než inženýrská psychologie. Ergonomie se zabývá studiem člověka a jeho pracovním a životním prostředím a užitím těchto poznatků při řešení praktických problémů.

V začátcích byla ergonomie založena na vědách o člověku, především psychologii a fyziologii. Další obory však stále více přispívají k prohloubení ergonomických poznatků a k jejich aplikaci při konstrukci, užívání i opravách nástrojů, strojů a dalších zařízení. Dominující charakteristikou ergonomie je její interdisciplinární charakter jak ve výzkumu, tak i v užití.

Ergonomie může být definována jako věda o zákonitostech práce nebo jako studium mnohonásobných vztahů mezi člověkem a pracovními prostředky v nejširším smyslu slova (včetně nástrojů), povoláním a prostředím a užitím získaných poznatků pro řešení problémů vzniklých z těchto vztahů.

Ergonomický přístup je v podstatě charakterizován kombinací nebo integrací poznatků věd biologických a poznatků či záměrů technických. Jde přitom o využití poznatků především psychologie práce, fyziologie práce, antropologie, hygieny a pracovního lékařství při navrhování průmyslových výrobků a pracovního prostředí.

Mnoho autorů se pro inženýrskou psychologii vzdalo termínu ergonomika, ponechali ho pro vědeckou disciplínu zabývající se optimalizací pracovních procesů, nástrojů a pracovních podmínek v průmyslu, přičemž pro inženýrskou psychologii vyčlenili specifickou operátorskou činnost.

I když se inženýrská psychologie vyvíjí několik desetiletí, její vývoj není dosud ukončen z hlediska jejího předmětu, základních pojmů i metod. Ještě rozšiřuje hranice svého předmětu a předmětný obsah reviduje. Tyto změny přinášejí určité vědeckoteoretické a organizační obtíže.

Nejspornějšími v této době jsou otázky vzájemného vztahu inženýrské psychologie a ergonomiky. V Sovětském svazu existují dvě období výkladu obsahu pojmu inženýrské psychologie a ergonomiky a jejich vzájemného vztahu. První období trvalo od konce padesátých do konce šedesátých let, období druhé začalo koncem šedesátých let a pokračovalo v letech sedmdesátých (Piskoppeľ a Ščedrovickij, 1980).

V prvním období převažoval názor, že inženýrská psychologie a ergonomika jsou synonyma, různé názvy pro tentýž obor, různé výrazy pro vyjádření téhož pojmu. Např. Lomov (1964) uvádí, že inženýrská psychologie vystupuje pod různými názvy: inženýrská psychologie, psychotechnologie, ergonomika, technika lidských faktorů, užitá psychologie,

technická psychofyziologie a lidské inženýrství. Nejužívanější byl termín inženýrská psychologie.

V západoevropských zemích a v USA se pro označení nás zajímajících oborů užívala rovněž řada pojmů, především inženýrská psychologie (engineering psychology), lidské inženýrství (human engineering) a lidské faktory (human factors), biotechnologie (biotechnology), užitá experimentální psychologie (applied experimental psychology). Většina amerických autorů považuje tyto termíny za synonyma označující jeden a týž obor.

Ojedinělé pokusy charakterizovat inženýrskou psychologii jako obor spojený pouze s psychologickými aspekty tvorby a užití systémů nemohou být úspěšné, protože jsou v protikladu se systémovým pojetím. To není v rozporu se zdůrazněním vedoucí úlohy psychologických prostředků pro systémová řešení.

Zaměření, které nerespektovalo historické aspekty vývoje, zdůraznili Hunt, Hewell a Roscoe (1972). Podle nich je v inženýrské psychologii kladen důraz na vědeckovýzkumné zaměření a užití poznatků ustupuje do pozadí.

V Anglii byl tento obor rozvíjen pod názvem ergonomika, v Japonsku pod názvem ergologie. V polovině šedesátých let byly inženýrská psychologie a ergonomika vytvořeny jako zralé obory a k žádným principiálním změnám v jejich statusu nedošlo. K celkové charakteristice obou oborů můžeme uvést jejich základní rysy: inženýrské zaměření a systémový přístup.

V druhém období (konec šedesátých let a léta sedmdesátá) dochází k snahám o diferenciaci psychologie a ergonomiky jako dvou různých oborů.

Inženýrská psychologie řeší své úkoly v těsném sepětí s jinými vědami. Toto spojení se rozvíjí ve dvou směrech. Na jedné straně při řešení svých teoretických a praktických úkolů inženýrská psychologie využívá poznatků jiných věd. Na druhé straně výsledky inženýrskopsychologických výzkumů se užívají jinými vědami při řešení jejich úkolů, např. v oblasti bioniky.

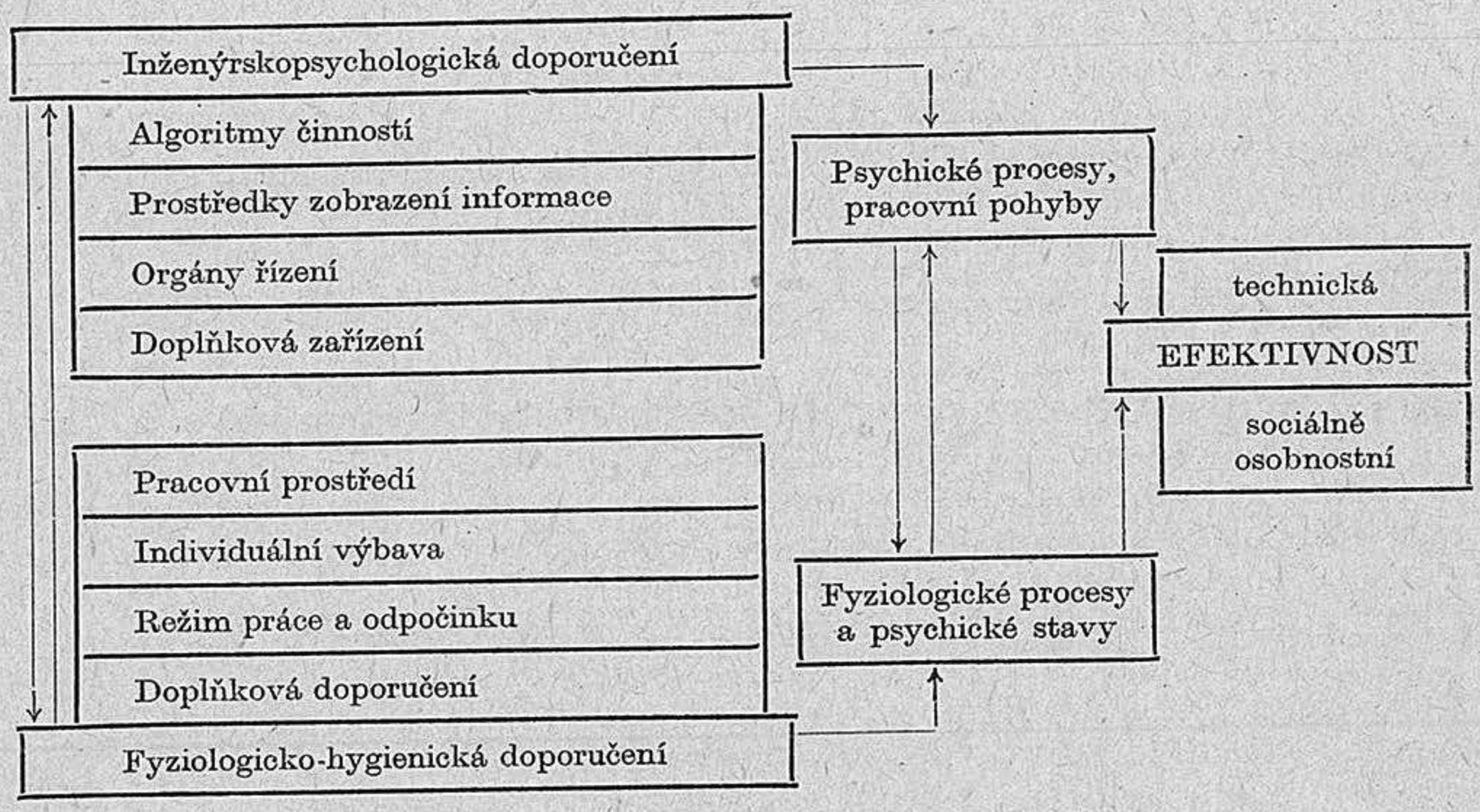
Inženýrská psychologie je úzce spojena s jinými psychologickými obory: s psychologií obecnou, experimentální, pedagogickou, sociální a dalšími. Řada problémů inženýrské psychologie se řeší v těsném kontaktu s fyziologií práce (viz schéma 2).

Za svůj vznik jakožto samostatného oboru vděčí inženýrská psychologie také kybernetice, která poskytla jednotný princip procesů řízení živých organismů i strojů. Zvláště s pomocí kybernetiky je možné se zabývat kvalitativně různorodými částmi systému člověk — stroj.

Značný význam pro rozvoj inženýrské psychologie má užití matematických metod. Zejména při projektování a hodnocení systému lze uplatnit přesné kvantitativní metody. Matematické metody se rovněž používají při vytváření modelu činnosti operátora, při plánování a zpracování výsledků inženýrskopsychologických experimentů a při získávání kvantitativních hodnot o činnosti operátora. Správné použití matematických metod není možné bez pomoci psychofyziologických zákonitostí operátorské činnosti. Matematické metody nelze vždy použít, aniž by se určitým způsobem nepřizpůsobily inženýrskopsychologické problematice. To platí také o teorii informace ve vztahu k potřebám inženýrské psycho-

Schéma 2

Schéma vztahů mezi inženýrskopsychologickými a fyziologickohygienickými doporučeními pro systémy člověk — stroj (Lomov, Rubachin, Venda, 1977)



logie, když se studuje problém závažnosti informace, kterou se klasická teorie informace nezabývala.

Při hodnocení vztahu inženýrské psychologie k jiným oborům nelze opomenout její vztah k fyzice. Fyzikální data jsou nezbytná při měření prahů vnímání a dalších charakteristik analyzátorů, při provádění měření různého druhu, při objevování zákonů mezi veličinou podnětu a subjektivní intenzitou počitku, při vytváření psychologických stupnic, přístrojů a metodik experimentálních výzkumů.

Inženýrská psychologie je také v těsném vztahu k lingvistice, ekonomice, vědecké organizaci práce, lékařství a dalším oborům. Tak například při vytváření přirozených jazyků komunikace mezi člověkem a strojem se využívá poznatků jak psychologických, tak lingvistických. Otázky zvýšení produktivity práce operátora, zvýšení efektivity systému člověk — stroj, normování operátorské činnosti jsou důležité a závažné též pro ekonomiku automatizovaného řízení. Otázky vědeckého řízení práce, které se vztahují k systémům člověk — stroj, představují důležitý předmět inženýrskopsychologického zkoumání.

3. ZÁKLADNÍ ÚKOLY

Inženýrská psychologie má řešit dvě velké skupiny vzájemně spojených úkolů, které obecně mohou být vyjádřeny takto (Lomov, 1963, Sereda, 1976):

Z psychologického hlediska inženýrská psychologie zkoumá psychické procesy a vlastnosti člověka a objasňuje, jaké požadavky na technická zařízení plynou z vlastností člověka, tj. řeší úlohu přizpůsobení techniky a pracovních podmínek člověku.

Z technického hlediska inženýrská psychologie zkoumá pracovní místo a řídicí pulty, kabiny strojů, procesy a algoritmy jejich působení s cílem objasnit, jaké požadavky kladou na operátora, tj. řeší úlohu přizpůsobení člověka technice a pracovním podmínkám.

Tyto úlohy lze vyjádřit konkrétněji v následujících bodech:

1. *Analýza funkcí člověka v systému člověk — stroj.*

Výzkum struktury a klasifikace činnosti operátora. Přitom se zkoumají cíle, způsoby a druhy operátorských činností a kritéria jejich hodnocení. Zjišťují se možné režimy práce operátora a analyzuje se vliv těchto režimů na činnost operátora. Zkoumají se rovněž metody analýzy činnosti operátora.

2. *Výzkum procesů příjmu informací člověkem (vnímání) o stavu řízených objektů.*

Pro inženýry vytvářející systémy řízení jsou důležité poznatky o tom, jaký je nejlepší způsob podání informací operátorovi, v jakém množství je třeba poskytovat tuto informaci, jaká je optimální frekvence podávání informací a propustná kapacita jednotlivých analyzátorů. Proto je třeba zkoumat charakteristiky senzorických vstupů, činnost analyzátorů a jejich charakteristiky a charakteristiky procesů vnímání vcelku.

3. *Výzkum procesů paměti, operativního myšlení a rozhodování člověka.*

Zkoumají se otázky udržení informací v paměti operátorů, druhy paměti a jejich charakteristiky, procesy operativního myšlení a rozhodování v podmínkách úplné a částečné informace o řízeném objektu a též procesy utváření příkazové informace na základě rozhodnutí.

Nejdůležitějšími jsou otázky o způsobu kódování informace a výběru optimálního druhu signálů, o způsobech zpracování informací člověkem a o jeho možnostech dekódování a překódování přijaté informace, o kapacitě krátkodobé a dlouhodobé paměti atd.

4. *Výzkum pracovní způsobilosti operátora.*

V tomto výzkumu jsou velmi důležité otázky struktury řídících činností operátora a mechanismy jejich regulace. Zkoumá se pracovní způsobilost a unavitelnost operátora, činitelé ovlivňující pracovní způsobilost, racionální režim práce a odpočinku a kontrola stavu operátora.

5. *Analýza skupinové činnosti operátorů.*

Problém skupinové činnosti je v popředí zejména při tvorbě a užívání „velkých systémů“, řízených skupinou operátorů plnících společný úkol nebo vzájemně spojené úkoly. V rámci problému skupinové činnosti se řeší následující dílčí úkoly: organizace vzájemné výměny informací mezi členy skupiny, určení efektivnosti skupinové činnosti a její závislosti na různých činitelích, volba kritérií pro výběr skupin a otázky psychologické slučitelnosti operátorů ve skupině.

6. *Otázky odborné přípravy operátorů.*

Odborná příprava operátorů probíhá ve čtyřech fázích: výběru, výuky, vytváření skupin, výcviku. Dílčí úkoly jsou určení podmínek a kritérií výběru, vytváření odborných předpokladů, organizace přípravy operátorů, určení kritérií vycvičenosti, principy tvorby trenažérů a organizace cvičení.

7. *Přesnost a rychlost činnosti operátorů.*

Při řešení této otázky je důležitý výzkum dynamiky pracovní schopnosti operátora, stanovení optimálních podmínek a norem činnosti operátora, výzkum možnosti práce člověka v různých podmínkách prostředí, zhod-

nocení vlivu různých činitelů na spolehlivost, přesnost a rychlost činnosti operátora.

8. *Problém komunikace člověka a stroje.*
Tento problém vzniká proto, že člověk a stroj pracují s různými „jazyky". S cílem souladu charakteristik člověka a stroje se využívá prostředků pro příjem informace a orgány řízení, tj. komunikace se realizuje jazykem, který není vlastní člověku, ale je blízký stroji. Vzniká úloha racionálního konstruování informačních prostředků a orgánů řízení. Při konstrukci informačních prostředků se řeší řada úkolů k určení a výběru druhu, rozměrů, struktury a konstrukce sdělovačů, způsobů kódování informace a vytvoření obecného informačního modelu.

Pro konstrukci ovládacích prostředků je důležitý výběr typu nejvhodnějších ovládačů, jejich počtu a rozmístění na řídicích pultech, navrhování řídicích pultů s respektováním vzájemných vztahů sdělovačů a ovládačů, jejich důležitosti, pořadí, periodicity a frekvence užívání apod.

Perspektivní je řešení otázek komunikace člověka a stroje v jazyku blízkém skutečnému lidskému jazyku.

9. *Uspořádání pracovního místa operátora.*
Při řešení těchto otázek vznikají dílčí úlohy: určení rozměrů, druhu, umístění řídicího pultu a dalších zařízení, s nimiž operátor pracuje, volba pracovní polohy a pracovního křesla, vliv činitelů vnějšího prostředí a zhodnocení jejich vlivu na činnost operátora.

10. *Inženýrskopsychologické projektování a hodnocení systému člověk — stroj.*
Tento úkol je obecný, k jeho řešení se využívají výsledky získané při řešení předchozích úkolů. Dílčími otázkami zde jsou: určení struktury a principů projektování a hodnocení, stanovení úkolů vlivu lidského činitele pro všechny etapy projektování, určení cílů, úkolů a metod hodnocení při projekci, výrobě a užití systémů člověk — stroj.

4. ROZVOJ INŽENÝRSKÉ PSYCHOLOGIE

Neustálý rozvoj průmyslové výroby přináší nové kvalitativní změny ve vztahu člověka k předmětu práce. V období, kdy člověk používal pouze nástrojů, byly způsoby zpracování materiálu do značné míry omezeny fyzickými možnostmi člověka, vlastnostmi nástroje i materiálu.

Nové energetické zdroje, získané zejména využitím paliv (uhlí, nafty), byly jednou ze základních podmínek pro vznik strojů v moderním smyslu. Vynález parního stroje nebývalou měrou rozmnožil energetickou základnu a umožnil integraci nástrojů ve stroj. Historicky předcházelo objevení hnacích strojů, čímž byly vytvořeny podmínky pro rozvoj strojů pracovních. Pracovní stroje nejen umožnily rychlejší zpracování předmětu práce, ale rozšířily možnosti člověka při zpracovávání takových vlastností předmětu práce, na něž člověk svými fyzickými schopnostmi nestačil. Člověk doplňoval stroj v takových úkonech, na které nestačila tehdejší technika, neboť tehdy známé strojní elementy umožňovaly jen některé nejzákladnější strojní funkce.

Tempo práce bylo určováno rychlostí stroje. To znamená, že přísun materiálu a jeho odebírání kladly velmi často zvýšené požadavky na člověka.

Další rychlý technický rozvoj, větší diferencovanost strojních elementů, nové materiály a nové způsoby jejich zpracovávání se nutně projevily též ve zvýšených požadavcích na obsluhujícího člověka. Jemnější mechanismy, přesnější způsoby opracování, složitější ovládací zařízení, to vše vyžadovalo určité vlastnosti a dovednosti člověka, zahrnuté pod pojem kvalifikace.

Dominující složkou v kvalifikaci však již nebyl další rozvoj dovedností ve smyslu pohybové diferenciace, ani řemeslné umělecké dovednosti, nýbrž větší, rozsáhlejší a přitom specializované technické vědomosti, hlavně znalosti technologie strojů, technologie materiálů a organizace výroby.

Další rozvoj techniky se projevil rozvíjející se mechanizací. Stroj přebírá za člověka jeho práci, nahrazuje jeho ruce, je schopen vykonávat jak jemné pohyby drobných svalových skupin (práce prstů), tak práci, při níž je v činnosti komplexní svalová a kosterní soustava (např. zvedání těžkých předmětů). Značnou část práce však vykonává ještě člověk. Musí stroj řídit, kontrolovat a v některých případech provádět i některé mezioperační zásahy, jako např. přísun a upínání materiálu nebo polotovarů, odebírání hotových výrobků. Mechanizace tedy snižuje většinou nároky na člověka po stránce fyzické, ale zvyšuje nároky po stránce psychické (např. jednotvárné pracovní úkony).

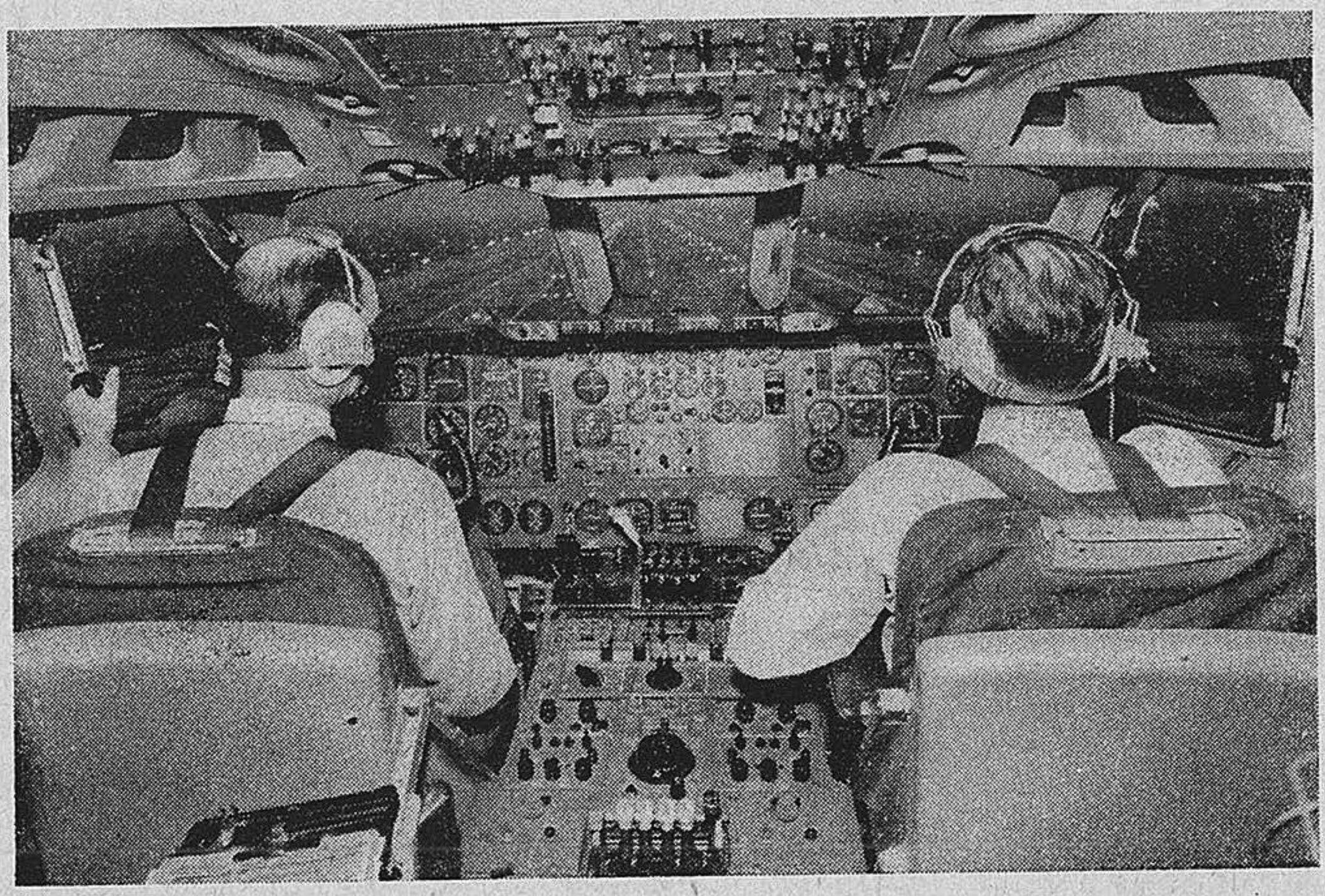
V dalším technickém rozvoji nastupuje automatizace. Při automatizaci využívá člověk takových zařízení, která samočinně, bez zásahu člověka vykonávají určitým sledem operací daný úkol. Člověk tato zařízení pouze uvádí do chodu nebo zastavuje a kontroluje jejich činnost.

Povšimněme si, jaké úkoly má člověk ve vztahu ke stroji a k výrobnímu procesu při automatizaci. Při automatizaci bez samočinné regulace dochází ke spojování operací, které vykonávaly odděleně jednotlivé stroje, tj. ke spojování strojů do určitého celku. Vytváří se nejčastěji tzv. stavebnicová soustava strojů. V takovéto soustavě mohou být někdy vykonávány všechny operace od vložení základní suroviny až po konečný výrobek, aniž člověk do procesu přímo zasahuje.

Tato zařízení kladou zvýšené nároky na pohyblivost nervových procesů, přesnost a součinnost analyzátorů, pozornost, reaktibilitu atd. Ovládání strojů a různých dalších technických zařízení vyžaduje rychlou a přesnou analýzu situace, přesnou a rychlou reakci na řadu nejrůznějších podnětů, tj. sledování různých stupnic, ukazatelů, kontrolních zařízení, a správné řízení pomocí ovládačů. Právě pro toto období automatické výroby je charakteristické soustředění ovládacích a sdělovacích prvků a zařízení na jedno místo (obr. 1, 2, 3, 4).

Při automatizaci tedy dále vzrůstají požadavky na psychiku člověka. Automatizace, jakožto rozhodující článek v dalším technickém rozvoji, představuje skutečný kvalitativní skok. Vztah mezi člověkem a strojem se radikálně mění, a proto je třeba soustavně zkoumat požadavky automatizace na člověka, zejména v případech takového stupně automatizace, kdy člověk nepřetržitě kontroluje a řídí výrobní nebo jiný proces.

Systémové inženýrství přichází v období přechodu od industrializace k automatizaci jako podstatně širší pojetí technických produktů, nežli bylo pojetí stroje (Křivohlavý, 1968). Pojetím systému s lidským subsystémem jako jeho neoddělitelnou částí je dána základna inženýrské psychologii.

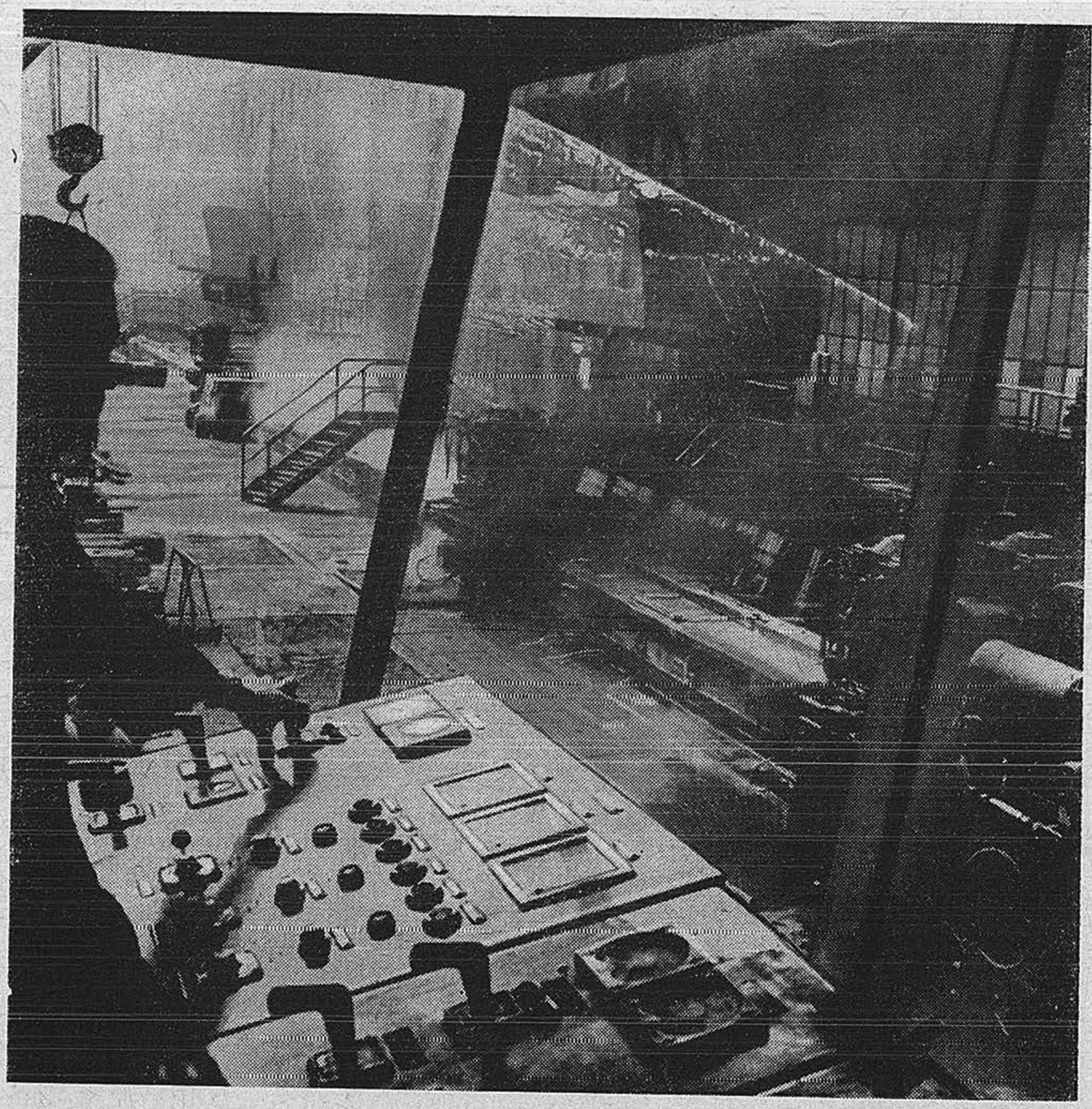


Obr. 1 Ukázka množství sdělovačů a ovládačů v kabině dopravního letadla

Zájem o proces systémového vývoje a o systémovou koncepci začal, když se asi v polovině padesátých let zjistilo, že je zcela neúčinné pokoušet se napravovat nedostatky systému v pozdějších stadiích jeho vývoje (Meister, 1971).

Vymezení pojmu systému z hlediska kybernetiky bylo co nejúplněji určeno výčtem sedmi charakteristik Macholem (1965):

1. Systémem je třeba rozumět lidský výtvor.
2. Systém má určitou integritu — všechny jeho složky se podílejí na plnění určitého úkolu. Spíše nežli o souboru částí se proto hovoří o účelu celku. Tím je dosažení určitého souboru optimálních výstupů z daných vstupů.
3. Systém je rozsáhlý — to se týká počtu částí, funkcí a nákladů na jeho pořízení.
4. Systém je komplexní — to znamená, že změna jedné proměnné ovlivní mnohé jiné proměnné systému (přitom málokdy lineárně, většinou podstatně složitěji). To znamená, že matematický model systému je komplikovaný.
5. Systém je poloautomatický — to znamená, že samočinné počítače a rovněž člověk jsou integrální částí systému.
6. Vstup systému je stochastický — má pravděpodobnostní charakter. Z toho plyne, že v kterémkoli okamžiku není možné přesně předpovědět (s naprostou jistotou) činnost tohoto systému. (Viz nepředpověditelnou variabilitu materiálu, podmínek prostředí atp.)
7. Většina systémů má soutěživý charakter — týká se to především nejsložitějších systémů (obchodních, vojenských, nekooperativních slu-



Obr. 2 Operátor řídící výrobní proces ve válcovně

žeb atp.). Z toho vyplývá důležitost teorie her a statistického rozhodování pro studium systémů.

Vznik inženýrské psychologie

Kořeny inženýrské psychologie je třeba hledat v experimentální průmyslové psychologii. Hlavním předmětem studia byla pracovní doba, únava při práci, zraková námaha za různých fyzikálních podmínek atd.

Společným rysem všech historických přehledů je to, že jako základní podnět vzniku inženýrské psychologie jsou uváděny válečné potřeby v souvislosti se složitými vojenskými zařízeními na jedné straně a vzrůstající složitostí techniky na straně druhé. Za druhé světové války nebyly ojedinělé případy, kdy nebylo možné maximálně využít některá složitá



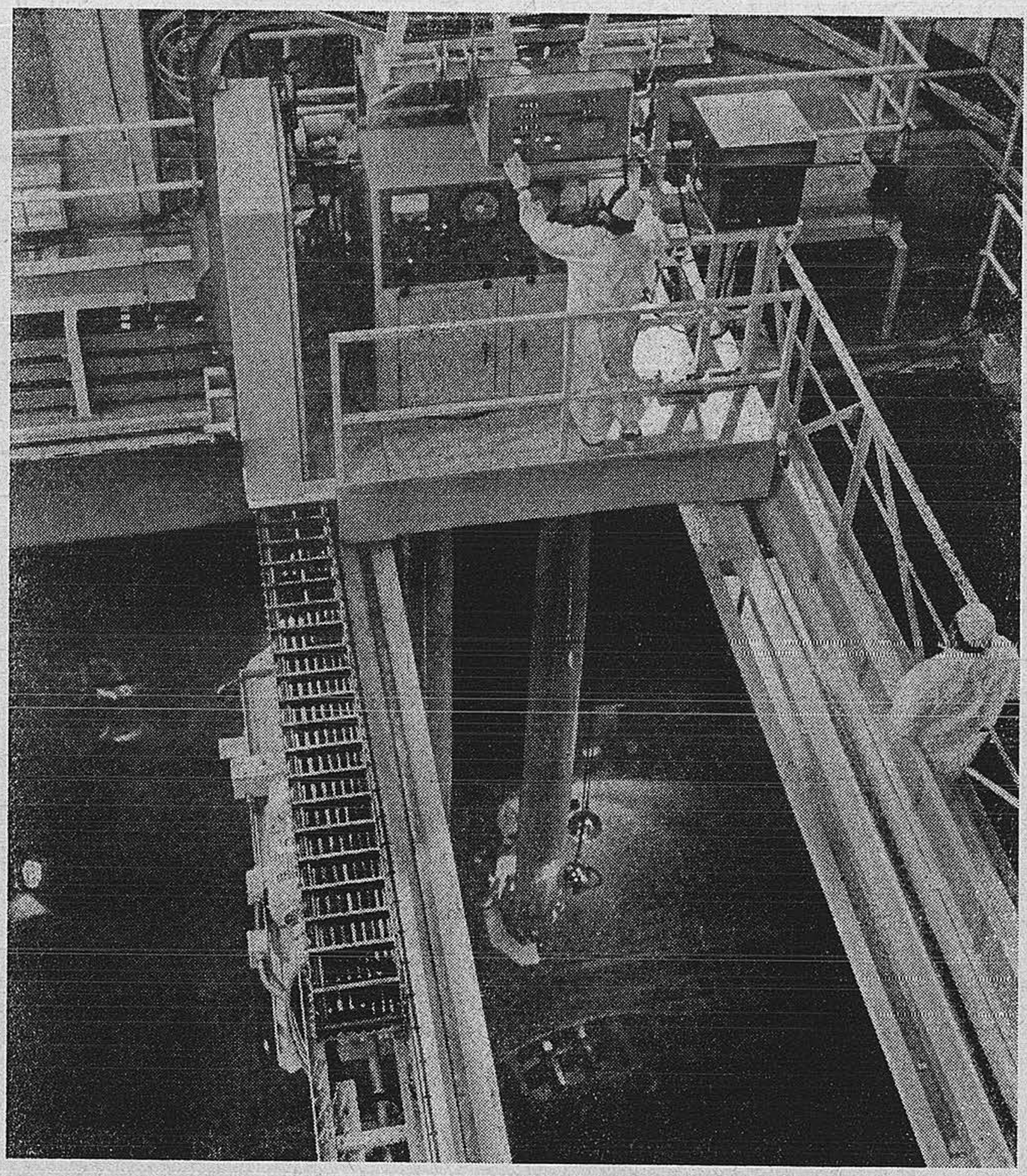
Obr. 3 Uspořádání sdělovačů (včetně obrazovkového terminálu) a ovládačů při řízení výrobního procesu v hutnictví

vojenská zařízení, neboť nebyli k dispozici operátoři, kteří by je uměli správně a spolehlivě obsluhovat.

Tyto skutečnosti vedly k stále intenzívnějšímu zkoumání vztahu člověka a stroje. K dosavadním technickým hlediskům a parametrům postupně přistupovaly požadavky a hlediska antropologická, fyziologická, a hlavně psychologická. Zpočátku však nebyly řešeny komplexní otázky vztahu člověk — stroj. Spíše šlo o některé dílčí faktory, jako např. o konstrukci optimálních druhů stupnic, ukazatelů i některých ovládačů. Tento přístup umožňoval navržení zlepšené konstrukce s ohledem na percepční či motorické úkony jakožto součásti pracovní činnosti, avšak nepostihoval komplexnost vztahu člověk — stroj. V důsledku toho nebylo u některých experimentálně získaných výsledků možné plné uplatnění v praxi.

V současné době dochází k intenzívnímu rozvíjení inženýrské psychologie rovněž v SSSR. V koncepci sovětské inženýrské psychologie je položen důraz na teoretické psychologické východisko proti chápání inženýrské psychologie jakožto oblasti techniky s důrazem na řešení technických otázek a metodicky na obsahovou analýzu psychických procesů operátora, proti výlučnému matematickému zpracování empiricky nalezené charakteristiky operátora.

Mezi základní práce z oblasti inženýrské psychologie náleží učebnice a základní příručky publikované:



Obr. 4 Příklad z činnosti operátora v atomové elektrárně

v ruštině: Adamovič (1978), Adrianova (1974), Ananjev, Lomov (1964), Beregovoj aj. (1978), Cymbal (1977), Čačko (1974, 1977), Denisov, Oniščenko (1972), Dmitrijeva, Krylov, Naftulev (1979), Dobrolenskij aj. (1975), Duganov (1976), Elkin (1975), Chrunov aj. (1974), Ivanov-Muromskij (1980), Kikolov (1967), Kostjuk, Chodakov (1977), Kotik (1978, 2. vyd.), Krylov (1974, 1975), Krylov a Ganzen (1978), Lomov (1963, 1966 a, b), Lomov Rubachin, Venda (1977), Lomov, Vasiljev, Oficerov, Rubachin (1970), Lomov aj. (1977), Ošanin (1965), Safarjan (1972), Sereda (1976), Smirnov (1979), Venda (1975), Zinčenko (1974), Zinčenko, Munipov (1979);

v angličtině: De Green (1970), Edwards, Lees (1974), Fitts (1963), Fogel (1963), Gagné (1966), Chapanis (1951, 1959, 1963, 1965), Kinkade, Van Cott (1972), Kraiss, Moraal (1976), Lees (1974), McCormick (1957), Meister (1971, 1976), Meister, Rabideau (1965), Morgan aj. (1971), Murrell (1969), Sinaiko (1961), Siegel, Wolf (1973), Singleton (1974), Singleton, Easterby, Whitfield (1967), Taylor (1963), Woodson, Conover (1964);
v němčině: Hacker (1975), Hacker aj. (1976), Hacker a Richter (1980), Hacker a Raum (1980), Neumann, Timpe (1975, 1976), Johansen (1979, 1980), Klix, Timpe (1979), Kulka (1980);
v polštině: Ergonomia (1974), Franus (1975, 1977), Jethon, Klonowicz (1975), Okóń, Paluszkiewicz (1963), Slowikowski (1977);
ve francouzštině: Faverge, Leplat, Guiguet (1958), Laville (1976), Montmollin (1967), Sperandio (1980);
v bulharštině: Gradinarov aj. (1973), Pirjov aj. (1973).

Projektováním strojů z různých hledisek (fyziologického, estetického a jiných) ve vztahu k inženýrské psychologii se zabývala řada zahraničních autorů. V této souvislosti bychom rádi upozornili na některé práce publikované:
v ruštině: Bogdanovič, Burjan a Rautman (1976), Dubrovskij, Ionas (1975), Galaktionov (1978), Gesler (1974), Sidorov (1962);
v angličtině: Jones (1972), Van Cott, Kinkade (1972), Shackel aj. (1974);
v němčině: Hettinger, Kaminsky, Schmale (1976).

Z hlediska inženýrské psychologie jsou důležité některé časopisy, jejichž názvy uvádíme: Applied ergonomics, Design v teorii a praxi, Ergonomia (PLR), Ergonómia (MLR), Ergonomija, Ergonomics, Ergonomics abstracts (EA — podle nichž je v příloze 1 uveden přehled oblastí inženýrské psychologie), Human factors, IEEE Transactions of bio-medical engineering, IEEE Transactions on human factors in electr., IEEE Transactions on syst. science and cybern., IEEE Transactions on systems, man and cybernetics, International journal of man-machine studies, Journal of biomedical engineering, Journal of engineering psychology, Journal of human ergology (Japonsko), Machine design, Man-environment systems, Techničeskaja estetika.

Inženýrská psychologie jako relativně mladé odvětví psychologie práce si i v našich podmínkách získala značné renomé, ať už jde o teoretické přístupy, nebo o praktické aplikace. Pokusíme se podat stručný průřez jejím vývojem v ČSSR a načrtnout koncepci dalšího vývoje.

Začátky zkoumání problémů přizpůsobení stroje člověku sahají do doby působení Ústavu lidské práce v Praze (později Čs. ústav práce), kde se ve 30. a 40. letech v rámci vědy o práci a psychotechniky řešily otázky vztahu člověk — technika. Tato činnost našla svůj odraz např. v Encyklopedii výkonnosti, kde jsou podnětné zejména příspěvky J. Doležala (psychologie práce), A. Ivanova (bezpečnost práce), E. Beny a A. Zeleného (fyziologie práce).

Po druhé světové válce dochází i k prvním praktickým aplikacím (např. konzultace při úpravách řídicích pultů ve Vítkovických železárnách kolem roku 1950 — J. Ch. Raiskup). Některé otázky se začínají řešit v rámci kultury práce (L. Stejskal), kde dochází ke spolupráci psychologa s konstruktérem, fyziologem a hygienikem práce, architektem, bezpečnostním technikem apod. Ve Výzkumném ústavu bezpečnosti práce v Praze se J. Křivohlavý, J. Hoskovec, J. Štikar, L. Stejskal aj. od r. 1956 věnovali barevné úpravě pracoviště a strojů v souvislosti s bezpečností práce, výzkumu viditelnosti a čitelnosti různých znaků a úpravám kabin. Systé-

mové pojetí bezpečnosti práce rozvíjel Chundela aj. (1974). Problematiky systému člověk — stroj se týkají i některé práce Výzkumného ústavu dopravního v Praze z této doby (kde je však hlavní důraz kladen na bezpečnost práce).

Za první publikovanou studii z inženýrské psychologie je možno považovat návrh M. Milana (1957) na úpravu klávesnice psacího stroje. Objevují se první popularizační články o ergonomice, jakož i souhrnnější podání poznatků z inženýrské psychologie. V příručkách psychologie práce se věnují inženýrské psychologii víceméně stručné kapitoly. Ve sbornících a materiálech z různých konferencí týkajících se psychologie práce, kultury práce, racionalizace apod. jsou mnohé příspěvky věnovány též inženýrské psychologii. Ve sborníku o psychologii v průmyslu (Psychologické problémy... 1964) jsou obsaženy studie o operátorovi ve válcovně (O. Matoušek), signalizačních prvcích (M. Stríženec) a informační zátěži (J. Křivohlavý). Novější sborník o operátorovi (Daniel a kol., 1975) obsahuje výběr referátů z mezinárodního sympozia ve Smolenicích v r. 1972. Z prací československých autorů je možno uvést problematiku zátěže (J. Daniel), myšlení (M. Stríženec), zrakové únavy (H. Florek), věku (R. Kostolanský), metody algoritmizace (A. Hladký a O. Matoušek), operátora počítače (V. Benešová), operátora ve výrobě nábytku (B. Chalupa).

Výrazným mezníkem ve vývoji inženýrské psychologie u nás jsou monografie, které komplexně zpracovávají tuto oblast. Širší dosah měly zejména práce Matouška, Křivohlavého a Strížence. Matoušek (1969) poukázal zejména na systémový přístup v ergonomii, potenciální rizika při strojích, otázky spolehlivosti systému. Podrobně rozvedl optimální parametry sdělovačů a ovládačů. Kniha Křivohlavého (1970) se vyznačuje širším chápáním inženýrské psychologie (zahrnuje i aspekty fyziologické a antropometrické). Vzhledem ke způsobu zpracování má velký význam pro konstruktéry (nezachází do příliš podrobného psychologického výkladu). Na metodologii a úlohu člověka v systému se zaměřil Stríženec (1971). Zhodnotil světové ergonomické poznatky a doplnil je výsledky vlastních experimentů (týkajících se zejména myšlení operátora). Dále je třeba uvést účelovou publikaci M. Šmída (1962, 1971), L. Chundely a F. Buchty (1971).

Publikované inženýrskopsychologické práce si můžeme rozčlenit do šesti oblastí:

1. obecná problematika: Bureš (1982), Daniel (1975), Hladký a Matoušek (1970), Chalupa (1973), Kruliš (1979), Křivohlavý (1960 a, b, c, 1970), Matoušek (1979), Matoušek, Břicháček (1969), Matoušek, Růžička (1965), Matoušek, Růžička, Hladký (1972), Matoušek, Zastávka (1977), Mikšík (1965), Milan (1957), Sedlák (1981), Šmíd, Kuna (1977), Štikar (1979);
2. průmysl: Mateiciuc (1975), Šmíd (1977), Šváb, Vyhnálek (1978);
3. paliva a energetika: Bureš (1974), Mateiciuc (1981), Matoušek aj. (1973);
4. pozemní doprava: Bena, Hoskovec, Štikar (1968), Ezr (1973), Goldmann (1973), Hoskovec, Štikar (1976, 1977, 1978), Křivohlavý (1966), Kyznar (1975), Musilová (1979);
5. lodní doprava: Král (1979);
6. letecká doprava: Hoskovec, Novák, Štikar (1969, 1971), Novák (1970), Paleček, Kudrnovský, Věk (1980), Schindler (1977), Šulc (1980).

Svědectvím postupného rozvoje inženýrské psychologie u nás jsou i porady, konference

a sjezdy čs. psychologů. Pro nedostatek místa jsme nuceni vyjmenovat jen nejdůležitější z těchto akcí. První zmínky o inženýrské psychologii nacházíme na I. celostátní konferenci v r. 1957 ve Smolenicích. Na II. konferenci (Praha 1959) se rozšiřuje tematický záběr a tento trend se udržuje i na pracovních poradách o psychologii práce (Praha 1960, Gottwaldov 1965). Zastoupení inženýrské psychologie je výrazné zejména na ergonomických konferencích (Praha 1967, 1971, Banská Bystrica 1975). Z psychologických sjezdů je to zejména třetí v Bratislavě (1968), kde se prezentovaly ve větším rozsahu výzkumy z inženýrské psychologie. V roce 1971 se inženýrskopsychologickými problémy zabývala konference Věda — člověk — racionalizace v sekci Člověk a technický systém.

Nelze říci, že všechny uplynulé roky rozvoje inženýrské psychologie proběhly stejně úspěšně. Ve vědě bylo dávno konstatováno, že rozvoj nových myšlenek a jejich uznání může probíhat jakoby v několika etapách: skepse — bouřlivé přijetí — rozčarování a nakonec seriózní práce. Něco podobného bylo možné sledovat v některých zemích i v inženýrské psychologii.

Proběhla etapa bouřlivého zájmu o inženýrskopsychologickou problematiku, která byla doprovázena širokým zapojením specialistů v různých vědeckých oborech do oblasti psychologických výzkumů. V této etapě rozvoje inženýrské psychologie se pozornost soustředila na procesy vnímání různých informačních elementů a konstrukci vizuálních zařízení a řídicích pultů. Bylo získáno velké množství empirických dat, které si vyžadovalo zobecnění z hlediska psychologické teorie činnosti. Nevyužití této teorie a zapojení řady pracovníků, kteří neměli dostatek obecně psychologické přípravy do výzkumu, vedlo k povrchnímu výkladu získaných experimentálních dat, k opakování stejných výzkumných postupů, k teoretické stagnaci a k rozčarování.

Dozrávaly nové myšlenky a připravovali se odborníci schopní tyto myšlenky realizovat. Ve značné míře tomu pomohlo zřízení psychologických pracovišť na mnoha univerzitách. To přispělo k psychologické orientaci v inženýrskopsychologických výzkumech. V současné době inženýrská psychologie vstoupila do období teoretického konstituování a upřesňování.

Nedostatečný rozvoj metodologických a teoretických základů inženýrské psychologie vedl k tomu, že při nadbytku experimentálních dat v posledních dvaceti letech bylo publikováno málo zobecňujících prací. Mezi ně náleží především monografie Lomova „Člověk a technika“ 1964, 1966, publikace Leonťjeva, Zinčenka a Panova (Ed.) „Inženernaja psichologija“, 1964, Lomova, Vasiljeva, Oficerova a Rubachina (Ed.) „Vojennaja inženernaja psichologija“, 1970, Krylova (Ed.), „Metodologija issledovanij po inženernoj psichologii i psichologii truda“, díl I. 1974, díl II. 1975.

Další publikace Lomova, Rubachina a Vendy (1977) dovršuje tuto etapu. V monografii je provedeno zhodnocení stavu a tendencí rozvoje inženýrské psychologie, analyzují se aplikační aspekty inženýrskopsychologických výzkumů, a co je velmi důležité, značná pozornost je věnována obecným metodologickým a teoretickým problémům inženýrské psychologie. Materiály zde publikované jsou potvrzením toho, že inženýrská psychologie vstoupila do období teoretického formování.

Charakteristika každé vědy předpokládá určení jejího předmětu a metody. Velký pokrok byl učiněn při určení metody inženýrské psychologie

Byla formulována řada principů pro inženýrskopsychologické výzkumy. K nim náleží princip systémového přístupu, princip komplexnosti výzkumu, princip osobnostního přístupu a antropocentrický princip.

Kriticky je třeba se vyjádřit k těm teoretickým pojetím, v nichž je uplatňován a negativně působí tzv. technocentrický přístup k analýze systému. Lze jej charakterizovat jako přístup od stroje k člověku a člověk je chápán jako prostý článek systému. Hlavním cílem výzkumů, které vycházely z tohoto pojetí, bylo určení „vstupních a výstupních" charakteristik člověka i odtaženě od konkrétních podmínek činnosti člověka. Tento přístup je jednostranný, limitující a vede k simplifikaci. Např. při výzkumu kapacity převodu informace člověkem byl operátor považován za článek systému, určující funkci spojovacího kanálu, odhlíželo se od dalších vlastností člověka a uvažovala se pouze schopnost člověka pracovat v režimu převodníka informací.

Vznikla potřeba rozvoje jiného přístupu k analýze systému člověk — stroj, přístupu antropocentrického, kdy východiskem je člověk — systém jeho psychických funkcí, procesů a stavů v kontextu činnosti. Člověk je chápán jako zvláštní článek v systému a stroj jako prostředek zahrnutý do činnosti člověka.

Druhy systémů

Nejdůležitějšími funkcemi systému jsou funkce výkonná, řídící a monitorovací. Každou z těchto tří funkcí může uskutečnit člověk nebo stroj. Ve vztahu k úloze lidského činitele se postupně rozlišily tři typy systému člověk — stroj: manuální, mechanické a automatické (McCormick, 1970, viz schéma 3).

V manuálních systémech člověk provádí, řídí, kontroluje a monitoruje. V mechanických systémech, které se také nazývají poloautomatickými, provedení přebírají strojové části, zatímco člověk řídí a monitoruje. Tak je tomu např. při řízení motorového vozidla. A konečně u těch sdělovačů na velínu, kde všechny operační funkce již byly naprogramovány.

Model dynamiky řízení lidským operátorem závisí na různých hlediscích přístupu. Může být založen např. na fyziologii, psychologii, teorii informace nebo teorii řízení (viz schéma 4).

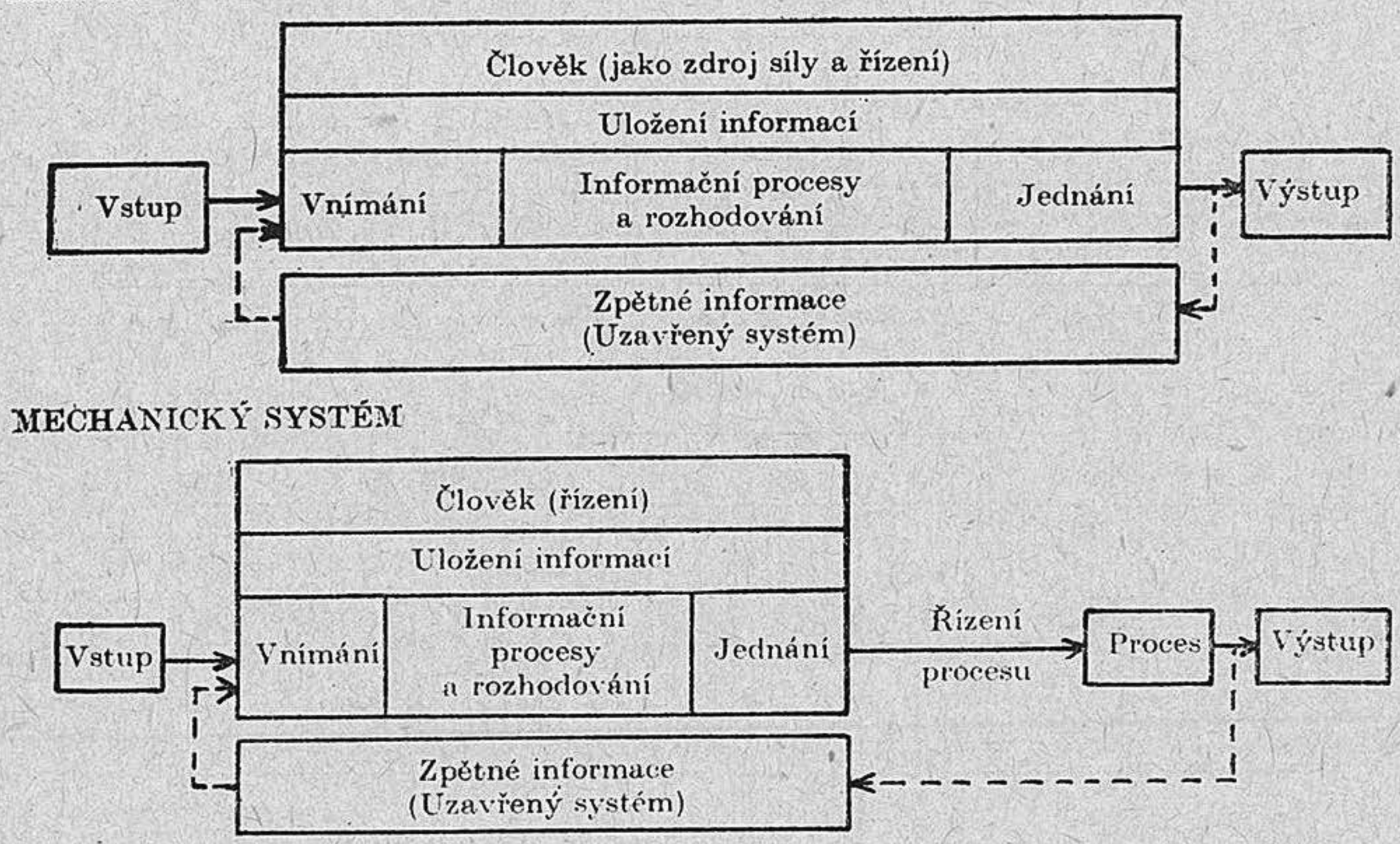
Modely lidského operátora: a) fyziologický model, b) psychologický model, c) model vycházející z teorie informace, d) model vycházející z teorie řízení

Hodnocení systémového přístupu k systému člověk — stroj.

Možné výhody:

1. lepší integrace lidských a technických komponent, která vede k lepšímu výkonu, méně chybám, nehodám a selháním;
2. lepší predikce způsobilosti člověka a výcvikových požadavků i snížení výcvikových nákladů;
3. lepší využití lidí vytvořením úloh s odstupňovanou obtížností, nabízejících možnosti pro rozvoj dovedností;
4. lepší přijetí uživatelem nejen pro snadnost manipulace a údržby, ale také pro zvýšenou spolehlivost zařízení a bezpečnost;

Schéma 3
Model dynamiky řízení lidským operátorem (McCormick, 1970)



5. lepší integrace spolupracujících oborů;
6. zkrácení doby vývoje.

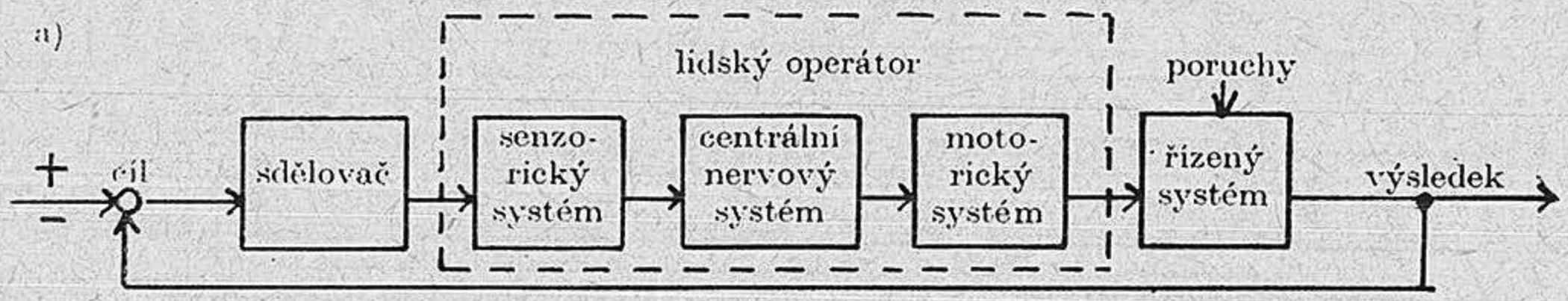
Možné nevýhody:

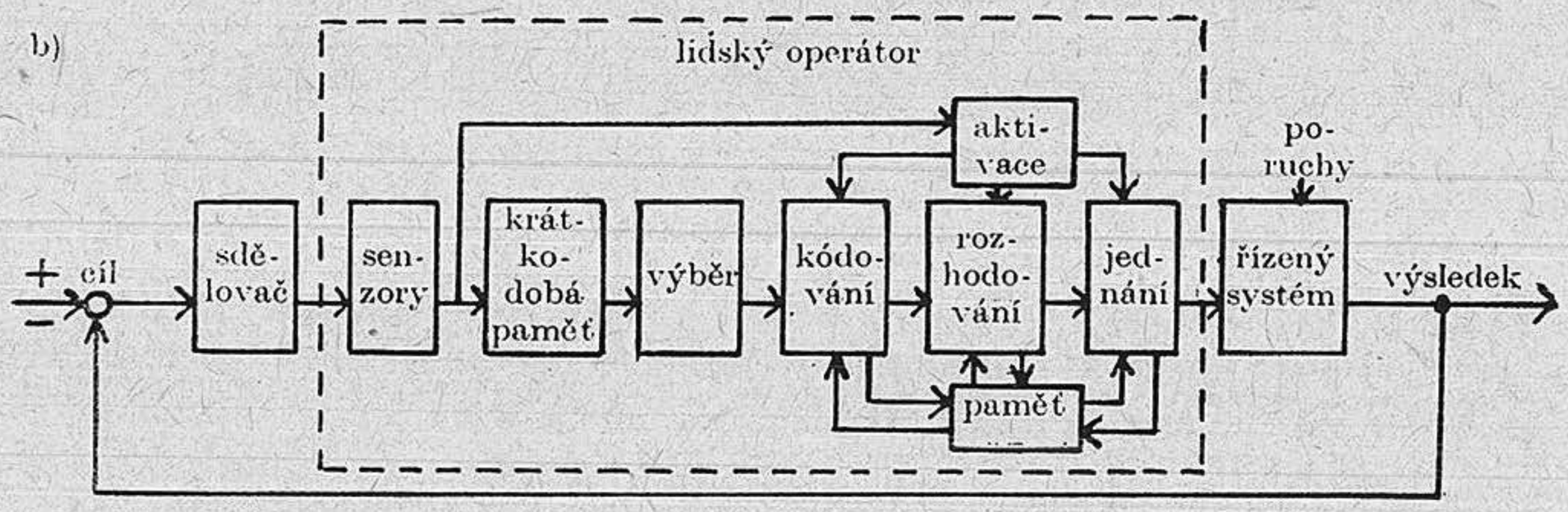
1. přeplánování a přeorganizování postupů, které by mohly negativně působit na flexibilitu a kreativitu;
2. návrh příliš jednoduchých úkolů, který by mohl vést k minimalizaci úsilí, na rozdíl od optimalizačního výsledku;
3. nedostatek příležitosti ke sběru dat důležitých z hlediska lidského činitele v procesu navrhování.

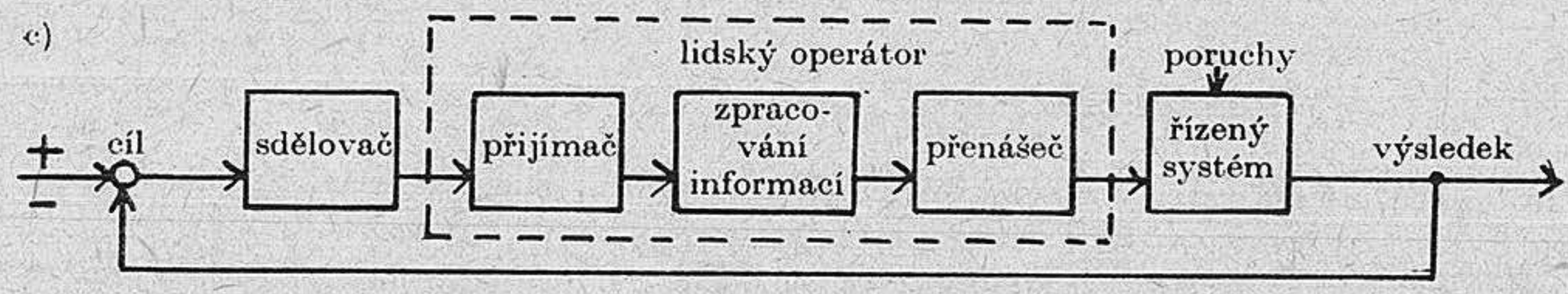
KNIŽNICA

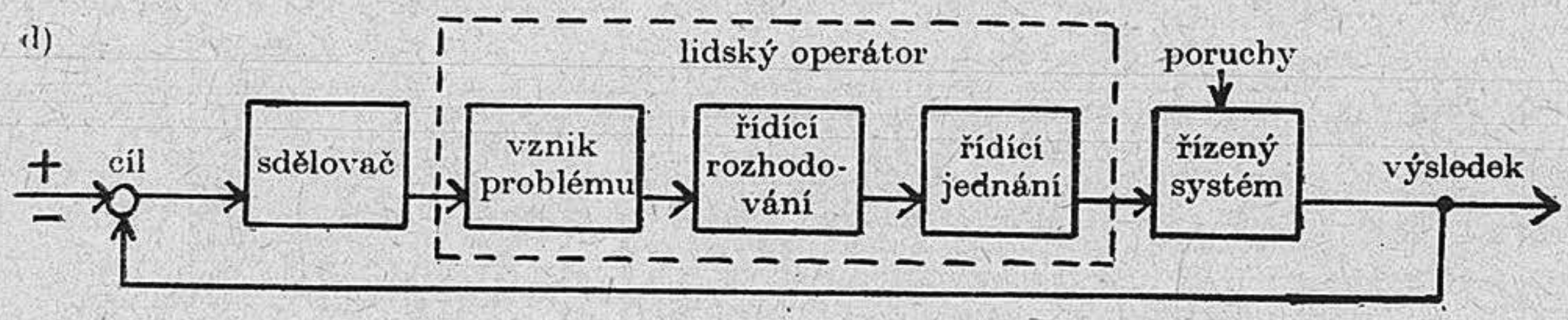
Schéma 4

Modely lidského operátora: a) fyziologický model, b) psychologický model, c) model vycházející z teorie informace, d) model vycházející z teorie řízení









II. Teorie a hlavní směry současné inženýrské psychologie

1. SYSTÉMOVÝ A INTERDISCIPLINÁRNÍ PŘÍSTUP

Systémy

Základy obecné teorie systémů položil von Bertalanffy v 50. letech zejména svými pracemi v oblasti biologie. Od té doby se systémové chápání značně rozšířilo nejen v teoretické sféře, ale i v aplikovaných vědních disciplínách. Je výsledkem interdisciplinárního přístupu ke zkoumání skutečnosti a vychází zejména z poznatků o otevřených systémech, tj. systémech, kde probíhá nepřetržitý vstup nejen energie, ale i látky. Zatímco kybernetika se zaměřuje na otázky regulace pomocí zpětné vazby, „obecná teorie systémů se zabývá dynamickou interakcí systémů s více proměnnými" (Bertalanffy, 1966, s. 100). Podává zobecněný popis systémů různých typů a rozpracovává specifické metody jejich analýzy (Sadovskij, 1979).

Systém můžeme charakterizovat jako soubor prvků (proměnných) v interakci, zaměřených na cíl, společný celému systému. V důsledku interakce dochází k tomu, že chování prvků v systému je odlišné od jejich chování v izolovaném stavu. Systémem z hlediska inženýrské psychologie rozumíme nejen interakci lidí a strojů, ale např. i administrativní operace, procesy distribuce a služeb a komunikační procesy. Dále je třeba uvažovat i o interakci mezi procesy, jednotkami organizace, jakož i mezi organizacemi. Při systému tedy nemusí jít o ohraničený fyzikální objekt, ale tvoří ho např. souhrn složek umožňujících dopravu na letecké lince.

Zvláštní kategorií systémů je organizace. Jako částečně sebekontrolující systém má tyto základní charakteristiky:

1. některé ze složek jsou živí tvorové;
2. zodpovědnost za výběr možných činností ve specifické situaci je rozdělena mezi víc jednotlivců nebo skupin;
3. funkčně rozdělené podskupiny si vyměňují zprávy o svém chování;
4. systém má určitou volnost ve výběru cílů a prostředků.

V poslední době se zájem soustřeďuje na komplexní, resp. rozsáhlé systémy, jejichž složkou je i člověk. Systém člověk — stroj je systém složený z lidí a strojů, zaměřený na společný cíl. Jako další charakteristika se uvádí spojení složek pomocí komunikační sítě.

McCormick (1964) ho definuje jako kombinační operaci jednoho nebo více lidí s jedním nebo více zařízeními, která jsou v interakci a vycházejí z daných vstupů směřujících k dosažení požadovaného výsledku v rámci omezení daného prostředí. Základními charakteristikami systémů člověk — stroj jsou účel, složky, funkce a komunikace. Účel systému bývá předem určený a specifikovaný. Složky jsou technické i lidské. Funkce systému jsou příjem informací, uskladnění informací, zpracování informací a rozhodování, výkonné funkce (fyzikální nebo komunikační činnost).

Rozeznáváme systémy s otevřeným okruhem regulace (např. družice, která se po vypuštění už neřídí) a zavřeným okruhem regulace (např. řidič a auto). Dále můžeme systémy klasifikovat jako manuální, mechanické, automatické (mají detekční mechanismus na zjištění chyby a korekční mechanismus) apod.

Kromě toho můžeme systémy rozlišovat podle účelu (řízení zdrojů energie, výpočty), místa a úlohy člověka (řízení i výkonná činnost, nastavování a korekce, dodávání doplňkové informace), způsobu výměny informací atd. Podle účelu Meister a Rabideau (1965) rozlišují systémy výrobní, dopravní, vojenské, zásobovací, pro zpracování informací a pro „údržbu" (opravny, nemocnice).

Komplexní, „rozsáhlé" systémy se odlišují od malých systémů — jak uvádí i Machol (1965) — zejména celostí (společný účel), velkou rozměrností (částí, funkcí, nákladů), složitostí chování (změna jedné proměnné má za následek změnu jiných proměnných), nepravidelností vnějších vlivů (statisticky rozložených v čase) a vysokým stupněm automatizace (zejména využitím počítačů). Tyto vlastnosti ovlivňují činnost člověka jako nevyhnutelné složky systému. Teorii řízení komplexů (tj. složitých a velkých systémů) u nás rozpracoval Beneš (1974).

Pro systémový přístup je podle Singletona aj. (1967) charakteristická funkcionálnost (nejdříve se uvažuje o cílech a činnostech a až potom o fyzikální realizaci), přihlížení k lidskému faktoru (jako integrální části systému) a taxonomie (klasifikace jevů v zájmu vytvoření užitečných vztahů).

Rozlišování mezi systémem člověk — stroj (soustružník, letec) a systémem lidé — stroje (řídící letového provozu, operátoři při válcovací trati) má zejména metodologický dosah (složitost zkoumaných proměnných a optimálnost uspořádání rozličných prvků).

V souvislosti se stále složitějšími systémy vznikají psychologické problémy i při organizování, výběru, zácviku a začleňování lidí do systému tak, aby jejich výkon přispíval k cíli systému. Samotné izolované zkoumání lidské složky (tzv. personální podsystém) — zejména při rychlém rozvoji systémů — nezabezpečuje totiž optimálnost celého systému.

Psychické jevy jsou ve své podstatě mnohorozměrné. Soustava psychických jevů je mnohoúrovňová a úrovně jsou budované hierarchicky. Rozlišujeme tři základní, vzájemně související podsystémy psychiky: kognitivní, regulativní a komunikativní. Každý z těchto podsystémů můžeme dále členit. Spojení mezi jednotlivými úrovněmi má vysokou dynamičnost, což způsobuje velké obtíže při systémové analýze. Z mnohoúrovňovosti psychiky vyplývá, že zákonitosti, kterými se řídí psychika, jsou různého řádu. Všeobecné zákonitosti platí na všech úrovních a ve všech podsystémech. Jejich působení na různých úrovních je různé v důsledku odlišnosti podmínek. Specifické zákonitosti se vztahují jen na jednu úroveň, resp.

podsystém. Vzhledem k uvedenému je třeba vypracovat mnohorozměrné systémy třídění psychických vlastností. Je možno doufat, že systémový přístup nám umožní proniknout i do subjektivní formy existence psychických jevů. Systémový přístup nás vede k tomu, že se opustilo chápání determinace psychických jevů ve smyslu lineárního determinismu.

Požadavky na systémovou analýzu psychiky shrnul Lomov (1975) takto:

1. Psychické jevy jsou mnohorozměrné a podle toho je třeba k nim i přistupovat (např. při vnímání signálu zachycovat nejen psychofyzické a psychofyziologické parametry, ale i subjektivní škály hodnocení, informační míry, regulační úlohu vnímání v činnosti);

2. systém psychických jevů má mnohoúrovňovou hierarchickou strukturu (např. odraz úlohy operátora v jeho vědomí, zapojení do systémů motivů, vztah rozličných úrovní psychického odrazu);

3. je potřebná mnohorozměrná klasifikace vlastností člověka;

4. dynamické chápání systému psychických vlastností (např. vlivem nácviku se mění struktura operací příjmu informací);

5. determinismus psychických jevů je třeba uvažovat jako složitou strukturu.

Spolupráce různých disciplín

Komplexní přístup ke zkoumání problematiky člověk — stroj neznamená jen syntézu výsledků získaných nezávisle na jednotlivých disciplínách, ale zejména integraci různých přístupů, uskutečňovaných v době vlastního výzkumu. Psycholog, fyziolog, technik mají své vlastní metody a poznatky, avšak při vzájemné konfrontaci, v trvalé nebo dočasné výzkumné skupině jednak lépe pochopí různé aspekty problému a jednak v důsledku spolupráce dospívají k novým metodám řešení (např. analogickým k používání jinou disciplínou). Pro takovouto týmovou spolupráci je třeba vytvořit jednotný pojmový systém (např. matematický model), který zahrnuje proměnné používané v jednotlivých disciplínách. Kromě toho je třeba vypracovat přiměřenou metodologii (např. transformace různých škál na hodnocení výkonu člověka) a organizovat, resp. vychovávat pracovníky jednotlivých disciplín ve smyslu komplexního postupu. Podívejme se, jaká je účast jednotlivých disciplín na řešení problematiky systému člověk — stroj.

A. *Antropologické disciplíny*

Inženýrská psychologie především musí navazovat na poznatky a zásahy psychologie práce do výrobního procesu a prostředí (uspořádání pracoviště, osvětlení, barevná úprava atd.) a při výzkumu používat zejména metodologii experimentální psychologie.

Úloha fyziologicko-lékařských věd při ergonomickém výzkumu a aplikaci se mění v závislosti na vývoji techniky a technologie. Je třeba zkoumat fyziologické aspekty práce a pracovního místa, avšak klasické metody (např. kalorimetrie) jsou nedostačující při přesunu důrazu na psychickou činnost operátora. S použitím dalších fyziologických ukazatelů

pracovní zátěže, jako je např. tep, EEG, jsou spojeny značné metodické těžkosti. Pokud jde o pracovní lékařství, to se ve všeobecnosti uspokojuje s defenzívním postojem (periodické ověřování tělesného stavu pracovníků, ochrana před únavou a úrazy) a jen málo pracovních lékařů u nás se věnuje zkoumání systému člověk — stroj. Nesporná je úloha antropometrie při přizpůsobování stroje člověku, protože pracovní poloha, dosažitelnost pracovního prostoru apod. významně ovlivňují výkon operátora. Důležitou úlohu má i hygiena práce (např. vyloučení škodlivých fyzikálních a chemických vlivů).

B. *Technickoekonomické disciplíny*

Racionalizační přístupy (např. časové a pohybové studie) se mohou uplatnit i při zkoumání operátora, avšak se systémovým hlediskem se dostává do popředí operační výzkum a systémové inženýrství.

Operační výzkum se v civilní sféře začal rozvíjet kolem r. 1950 v Anglii a USA. Jde o komplexní metodický přístup zaměřený na optimalizaci operací celé organizace (tj. lidí i strojů). Aplikují se tu rozličné vědecké metody a techniky (např. symbolická logika, teorie her, lineární programování), jakož i principy modelování. Operační výzkum je zaměřený na porovnávání efektivnosti a nákladů souboru navrhovaných alternativních činností v systémech člověk — stroj. Operační výzkumy je možné rozdělit do tří kategorií: zkoumání lidí (organizace a řízení, rozhodování, výzkum trhu), zkoumání lidí a strojů (produktivita, organizace technologických změn) a zkoumání pohybu (doprava, komunikace). V mnoha operačních výzkumech jde o nalezení rovnováhy mezi různými faktory. V průmyslových podnicích je kladen důraz na systém člověk — stroj a využívá se interdisciplinární týmový přístup. Při operačním výzkumu se vyhranily následující fáze:

1. formulace problému (může se měnit v průběhu výzkumu a předpokládá identifikaci cíle systému, jakož i vytvoření míry efektivnosti);
2. vytvoření matematického modelu zkoumaného systému (efektivnost jako funkce kontrolovatelných a nekontrolovatelných proměnných);
3. odvození řešení z modelů (analytické dedukce nebo numerické výpočty, např. technika Monte Carlo spočívající na proximativním zhodnocení matematických výrazů, vytvořených z distribucí pravděpodobnostních funkcí);
4. testování modelu;
5. kontrola navrženého řešení;
6. aplikace v praxi (specifikace potřebných změn a obeznámení odpovědných pracovníků).

Systémové inženýrství — jako nová technická disciplína — se zabývá všeobecnou koncepcí, navrhováním velkých (rozsáhlých) systémů. Jde o aplikaci vědeckých a technických poznatků. Systémový inženýr vytváří soubor specifikací, které se potom použijí při konstrukci reálného systému. Vychází při tom z analýzy systému, který ještě vlastně neexistuje (resp. neexistuje dotyčná modifikace), a to ve snaze objasnit jeho efektivnost nebo výkon.

Čerpá zejména z následujících teoretických disciplín: teorie pravděpodobnosti, teorie informace, teorie zpětné vazby, teorie her, teorie

spolehlivosti apod. Je zde vidět úzkou návaznost na kybernetiku a matematiku. Vztah inženýrské psychologie, operačního výzkumu a systémového inženýrství vymezil Chapanis (1963) v tom smyslu, že v operačním výzkumu převažují ekonomická hlediska a zkoumají se existující systémy. V systémovém inženýrství převažují technická hlediska, konečná kritéria práce systému a je efektivní zejména při navrhování nových systémů (Dráb, 1981, Halada, 1980). Poznatky inženýrské psychologie se uplatní v obou disciplínách.

V rámci této části je možné uvést ještě teorii hromadné obsluhy, která sice vznikla z teorie pravděpodobnosti, a proto by patřila spíše do následující části o kybernetice, ale svým dosahem se týká spíše organizace činností. Její rozvoj (počátky sahají do r. 1908) se urychlil využitím počítačů. Většina výzkumů se zaměřuje na vojenské a dopravní problémy (obsluha bojové techniky, přistávání letadel, plánování parkovišť), na organizaci a plánování výroby (obsluha tkalcovských stavů, poruchovost strojů). Základními pojmy této disciplíny jsou obsluhování (toto vyplývá z masového požadavku na určité předměty a služby a řeší se jeho organizační stránka, vstupní tok, souhrn požadavků na obsluhu), obsluhující systém (každý jeho podsystém obsluhuje současně jen jeden požadavek) a výstupní tok (odcházející obsloužené nebo neobsloužené požadavky). Příchod požadavků i trvání obsluhy jsou náhodné veličiny a na organizaci vzájemné činnosti těchto složek závisí výstupní tok. Jestliže rychlost vstupního toku je větší než rychlost obsluhy, vytváří se z požadavků fronta. Zjištění vztahu mezi průměrnou délkou fronty a stupněm náhodnosti příchodu požadavků a obsluhy umožňuje vypočítat optimální kapacitu obsluhujícího aparátu, porovnat náklady na čekání s náklady na zvýšení rychlosti obsluhy. Tato teorie umožňuje zhodnotit různé varianty organizace obsluhy, aniž by se tyto varianty musely realizovat. Praktické situace mohou být velmi složité (mnohofázový proces obsluhy, upřednostňování naléhavých požadavků, ovlivnění času čekání délkou fronty aj.).

Výhodnost vzájemné spolupráce inženýrské psychologie a odborníka na hromadnou obsluhu je zřejmá při velkých systémech lidé — stroje, resp. při systému, kde jeden operátor obsluhuje více strojů.

C. *Kybernetické disciplíny*

Zkoumání systému člověk — stroj bylo značně ovlivněno i rozvojem kybernetiky. Ta umožnila vysoký stupeň automatizace výrobních procesů, čímž se značně mění funkce lidského operátora, ale kybernetika současně přináší i nové přístupy k výzkumu řízení, přenosu informací v živých a neživých systémech. Principy a metody kybernetiky pronikají i do psychologických výzkumů (monografický rozbor této otázky viz Stríženec, 1966). Vytváření kybernetických modelů, a zvláště jejich realizace v počítačích, přispívá i k objasnění funkce operátora v rámci systému člověk — stroj zejména tím, že umožňuje širokou škálu experimentování. Tyto modely vycházejí ze všeobecných zákonitostí řízení a komunikace, které se uplatňují i při činnosti člověka a stroje.

Uvedeme některé poznatky teoretických disciplín kybernetiky, které našly své uplatnění i v inženýrské psychologii.

Teorie informací je vlastně odvětvím aplikované teorie pravděpodobnosti a zkoumá optimální způsoby přenosu a transformace informací. Informace redukuje neurčitost (kvantitativní stránka) a současně reprodukuje uspořádanost zdroje (kvalitativní stránka).

Poznatky teorie informace se v inženýrské psychologii využívají zejména v souvislosti s kvantifikací kapacity lidského operátora při příjmu a zpracování informací. Kromě toho začal pronikat i pravděpodobnostní přístup k vnímání. Celkově je však možno říci, že informační hodnocení a kybernetické modelování je dosud úspěšné jen při jednodušších složkách činnosti operátora. I v inženýrské psychologii je třeba při výběru konkrétních matematických metod přihlížet ke specifickým zvláštnostem různých etap transformace informací. Nespornou výhodou aplikace teorie informace v inženýrské psychologii je snaha o kvantifikaci charakteristik operátora, což je podmínkou plodné spolupráce psychologa s technikem.

Teorie her a statistického rozhodování byla původně určena k rozboru ekonomických problémů, avšak dospěla k abstraktnímu modelu konfliktní situace a určuje pravidla chování, ukazuje na způsoby dosažení optimálních výsledků. Základními pojmy jsou zde strategie, preferenční schéma, pravidlo minimaxu, výplatní matice, kooperace atd. Byly vytvořeny modely statistického a dynamického rozhodování a z psychologického hlediska je důležité zkoumání užitečnosti, jakož i subjektivní pravděpodobnosti (Stríženec, 1966). Využitelnost těchto poznatků při zkoumání systému člověk — stroj vyplývá z toho, že u tzv. her s přírodou je možné považovat za protihráče člověka a stroj, resp. řízený technologický proces, přičemž zásahy operátora představují jednotlivé kroky ve hře a optimální bude ta strategie, která vede k předepsanému výsledku i za existence náhodných a nekontrolovatelných parametrů. Teorie her dává všeobecnou (abstraktní) orientaci pro rozbor konfliktní situace při řízení výrobního procesu a řešení havarijních situací. Zobrazení činnosti člověka je tu však příliš zjednodušené, a proto je třeba zdokonalit výchozí schéma jejího popisu.

Teorie řízení se zabývá působením řídícího systému na okolí, čímž se v řízených systémech odstraňuje neurčitost v rozhodování a činnosti. Regulací se rozumí vyrovnávání odchylek systému od určeného stavu. Všeobecná teorie regulace může přispět k objasnění principů psychické regulace. Psychickými funkcemi regulované chování je podle Kováče (1975) předmětem psychologického bádání. Teorie regulace se uplatňuje zejména při modelování lidského chování (Rouse, 1977). Psychologickou regulací pracovních činností se zabývá především Hacker (1976).

D. *Speciální technické disciplíny*

Navrhování a konstrukci strojů, přístrojů a celých systémů realizují technici — inženýři (strojní, elektrotechničtí, dopravní atd.), a proto jsou jednak konzumenty, resp. uživateli poznatků inženýrské psychologie, jednak disponují poznatky (materiál, fungování, ekonomičnost), ke kterým musí všichni zúčastnění na systému člověk — stroj přihlížet.

Při konkrétní spolupráci konstruktéra s psychologem vznikají zejména organizační těžkosti. Z hlediska bezprostřední výměny názorů je výhodná přímá účast psychologa v konstrukční skupině.

2. ZÁKLADNÍ SMĚRY

V současné inženýrské psychologii je možné podle Rubachina (Lomov aj., 1977) rozlišit čtyři základní směry:

Psychofyziologický směr se zaměřuje na psychofyziologické charakteristiky operátora (zejména senzorický vstup a motorický výstup člověka, procesy paměti a myšlení, práceschopnost a únava), analýzu činnosti inženýrů a techniků, metody hodnocení pohotovosti a spolehlivosti operátorů, vliv emocionální sféry na činnost. Cílem je vypracovat integrální charakteristiky operátora (např. spolehlivost), které jsou však složitou nelineární funkcí mnohých složek.

Systémově technický směr souvisí s vytvářením systémů člověk — stroj, kde je třeba stanovit úlohy inženýrské psychologie v jednotlivých etapách projektování systému, projektovat činnost člověka na různých úrovních řízení, určit účelnost automatizace funkcí člověka, zkoumat metody projektování sdělovačů, ovládačů, řídicích pultů a využívat modelování systémů člověk — stroj. Zaměřuje se též na zkoumání struktury a toků informací v systému člověk — stroj (zejména ve velkých systémech kontroly a řízení).

Aplikačně exploatační směr zahrnuje otázky vědecké organizace práce (zejména režimu práce, normování), lékařské a psychologické metody zvýšení efektivnosti činnosti, vyšetřování psychofyziologického stavu operátorů po dobu práce, analýzu skupinové činnosti, jakož i psychologické otázky řízení.

Pedagogický směr je zaměřený na profesionální výběr, psychodiagnostiku, problémy pedagogické psychologie (metody přípravy operátorů, hodnocení úrovně znalostí), aktivizaci a intenzifikaci procesu technické přípravy.

3. SOUČASNÉ TRENDY SOVĚTSKÉ INŽENÝRSKÉ PSYCHOLOGIE

Metodologie a konkrétní metody zkoumání základních zákonitostí činnosti operátora v sovětské inženýrské psychologii vycházejí z dialektickomaterialistických principů systémovosti.

Podle Rubachina (Lomov aj., 1977) základním předmětem výzkumu inženýrské psychologie jsou procesy a struktura vzájemného informačního působení člověka a technických zařízení, včetně procesů příjmu, zpracování, uchování informací člověkem, rozhodování a psychické regulace řídících činností. Výzkumy jsou zaměřené na určení úlohy a místa člověka v současné výrobě, vytvoření systematiky a typologie komplexů člověk — stroj, vytvoření teoretických základů inženýrskopsychologických výzkumů, rozpracování metodologie projektování a využívání systémů člověk — stroj a další.

Vycházeje ze systémového přístupu, prosazuje Lomov (Lomov aj., 1977) v inženýrské psychologii antropocentrický přístup „od člověka ke stroji". Technocentrický přístup (určování vstupních a výstupních charakteristik člověka bez ohledu na systém jeho vlastností) vedl k zjednodušování při vytváření souladu člověka a technických prostředků. Antropocentrický přístup vyzdvihuje projektování činnosti člověka —

operátora. Stroj se tu považuje za prostředek zapojený do činnosti člověka. Člověk organizuje systém člověk — stroj, zaměřuje ho na dosažení určeného cíle a zabezpečuje plastičnost jeho fungování. Základními „psychologickými složkami“ činnosti operátora jsou: vektor motiv — cíl, obraz — cíl, koncepční model, vnímání nynější informace, předvídání, rozhodování, program činnosti, vnímání výsledků činnosti. U operátora jsou vytváření a dynamika obrazu — cíle zprostředkovány technickými systémy zobrazení informace. Jeho formování těsně souvisí s předvídáním změn objektu i okolního prostředí.

Z antropocentrického přístupu Lomova vyplývá i jeho princip aktivního operátora. Aktivnost člověka je dána už tím, že člověk přihlíží ke konečnému cíli svých vzájemných vztahů se strojem a že má osobní vztah k uskutečňovaným činnostem. Snížení aktivnosti operátora nastává v důsledku záměny reálného objektu informačním modelem. Na zkoumání vlivu automatizace na aktivnost člověka je vhodný zejména systém letec — letadlo.

Známá je i Ošaninova koncepce operativního obrazu (Lomov aj., 1977). Zpočátku ho považoval za relativně jednoduchý dynamický model řízeného objektu. Ukázalo se však, že jde o psychologický funkční systém předmětné činnosti, neboli uspořádaný systém operativních obrazů, ze kterých každý uskutečňuje určenou funkci při transformaci informace. Výsledek práce tohoto systému je současně subjektivní (uspokojení potřeb, dosažení cíle) i objektivní (přetváření objektu). Možno rozlišit operativní obrazy zprostředkující transformaci informací v celém průběhu předmětné činnosti a etapové operativní obrazy. V etapových rozlišujeme aferentní obrazy (hodnocení nynějšího stavu objektu) a efektorové obrazy (programování účelného působení na objekt). Variantou operativního obrazu je koncepční model, ve kterém se odráží určená dynamika objektu a předepsaná struktura procesu. Při analýze koncepčního modelu jde o určení jeho psychických složek, jakož i specifické struktury organizace.

Strukturně psychologickou koncepci syntézy informačních systémů podává Venda (Lomov aj., 1977). Vychází z potřeby vytvoření souladu strategie a složitosti činnosti operátora se strukturou prostředků zobrazení informace. Laboratorní modely je třeba iterativně přibližovat k psychologické struktuře zkoumané činnosti. Při svých výzkumech se autor zaměřil zejména na mnemoschémata stavu objektu. Stanovil též psychologické principy vytváření informačních modelů. Zavedl termín operativně psychický model, čímž rozumí psychický odraz konkrétního stavu objektu, specializovaný pro řešení operativní úlohy. Z individuální adaptace člověka a počítače (Venda, 1975) vychází jeho koncepce „hybridního intelektu“. Klade ho do protikladu s „umělým intelektem“, kde se vychází z možností počítače. Při „hybridním intelektu“ je v popředí člověk a počítač je jen jeho pracovním prostředkem. Je třeba zabezpečit individuální adaptaci úloh, prostředků činnosti k jednotlivci, který spolupracuje s počítačem.

Krylov (1972) vypracoval hypotézu „zapojení“ nových signálů do procesu zpracování informace u operátora. Nová činnost se může organicky zapojovat do předcházející, nebo probíhat do určité míry izolovaně. Informační systém u člověka má tvar pyramidy, kde na vrcholu je rozhodování (jeden kanál), na druhé úrovni je názorné myšlení (3—4 kaná-

ly), na třetí jsou úplně vytvořené informační návyky (sem přicházejí známé signály) a na čtvrté jsou nepodmíněné reflexy. Regulátorem práce částečných funkčních systémů mozku je obrazově pojmový subjektivní model činnosti. Formování celostní činnosti se uskutečňuje jako zapojení jednotlivých částečných činností do jediného procesu transformace informací.

Závěrem je třeba uvést, že základními tendencemi sovětské inženýrské psychologie je využití systémového a komplexního přístupu, snaha o využití matematického aparátu k analýze sledovaných procesů, důraz na inženýrskopsychologické projektování a sbližování aspektů inženýrské, obecné a sociální psychologie.

4. INŽENÝRSKOPSYCHOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ

Projektování pracovních činností zahrnuje všechna opatření na rozdělení úloh mezi člověka a stroj, mezi jednotlivé pracovníky kolektivu, jakož i zabezpečení a ulehčení řešení pracovních úloh lidmi. Základním cílem inženýrskopsychologického projektování je podle Galaktionova (1978) vytvoření cíle přímého projektu činnosti člověka — operátora při funkčně informační shodě vnějších a vnitřních podmínek činnosti. Má vycházet z jednoty zvýšení produktivity, optimální náročnosti a rozvoje osobnosti. Objektem tohoto projektování je činnost a prostředky jsou psychologické poznatky, analytické a experimentální postupy. Rubachin (Lomov aj., 1977) stanovil následující základní principy inženýrskopsychologického projektování:

1. genetický přístup ke zkoumání typů činnosti;
2. funkčně strukturní analýza konkrétní činnosti;
3. vypracování speciálního dynamického jazyka na popis chování člověka i fungování systému;
4. etapové projektování při použití komplexu metodických postupů;
5. racionální spojení experimentu a matematického modelování;
6. přihlížení k sociálně psychologickým aspektům projektování systémů.

Konkrétní metodika projektování má vycházet z profesiografické analýzy činnosti operátora.

Pokud jde o etapy projektování (Galaktionov, 1978), v předprojekční etapě je třeba určit funkce a úlohy řízení, objem a formu zobrazení informací, stupeň automatizace funkcí a počet operátorů. V etapě technického projektu se inženýrská psychologie zúčastňuje rozpracování funkčně strukturního schématu, upřesňuje se počet operátorů, projektuje se činnost každého operátora, vybírá se způsob kódování informací, organizace dialogu mezi složkami celého systému, uskutečňují se experimentální výzkumy. Při realizaci projektu jde o rozpracování maket, korekci dosavadních řešení, stanovení požadavků na pracovní místa, doporučení k výběru a zácviku operátorů. Po dobu zavádění systému se sleduje vytváření systému zobrazení informace, prověřuje se stupeň zátěže operátorů apod. V poslední etapě (po dobu provozu systému) jsou v popředí otázky komfortu činnosti operátorů a doporučení na zlepšení systému. Autor navrhuje podat údaje pro projektanta ve formě tzv. tabulkového grafu, který zachycuje údaje o regulovaných parametrech, možné události a regulační zásahy.

III. Metodologické otázky

Pro relativně novou vědní oblast, zejména interdisciplinárního charakteru, je důležité rozpracování zásadních metodologických otázek. Inženýrská psychologie se zabývá zejména interakcí lidské a technické složky systému, a proto je nutné stručně poukázat na obecnou metodologii zkoumání systémů. Je možno vykonávat dva základní typy operací: analýzu (zjišťování podstatných vlastností existujícího nebo navrhovaného systému) a syntézu (tvorba nového systému s požadovaným chováním).

1. ANALÝZA SYSTÉMU A JEHO SLOŽEK

Podrobný rozbor činnosti celého systému, a zejména jeho lidské složky je nezbytný v zájmu optimální organizace činnosti operátora, jakož i pro vypracování efektivních metod jeho výběru a zácviku. Analýza je prvním krokem při zkoumání systému a jejím konečným cílem je zlepšení existujícího nebo vytvoření nového optimálního systému. Upozorňuje na závažnost jednotlivých složek systému a je východiskem pro hodnocení systému. Konkrétní metody analýzy závisí na druhu systému, přesto však je možné načrtnout některé společné principy, jak je uvedl Morgan (1963).

Analýza systému má začínat vytvořením celkové charakteristiky systému. Při analýze se určuje poslání systému (jeho parametry, trvání). Specifikují se vnější a vnitřní podmínky, ve kterých bude pracovat, určuje se zařízení pro příjem vstupních signálů, jejich zpracování a výstup. Analýza zahrnuje též specifikaci požadavků na lidskou složku. Detailní analýzu je potom možno uskutečňovat z rozličných hledisek.

Funkční analýza zachycuje různé funkce systému a vztahy mezi nimi. Obsahuje též podrobný popis všech požadavků systému. Funkční analýza se uskutečňuje zejména v první etapě navrhování a její význam postupně klesá. Informace získané z této analýzy se postupně modifikují v důsledku údajů z ověřovacích zkoušek. Funkční analýzu není možno obejít při žádném velkém systému. Meister a Rabideau (1965) rozlišují při analýze systému tyto etapy: určení požadavků systému, rozdělení funkcí systému na úseky, popis funkcí systému, vytvoření kritérií výkonu, přiřazení funkcí lidem a strojům, analýza úloh.

Analýza rozhodování se používá zejména při systémech na zpracování informace a slouží ke specifikaci informačních vstupů, sledu rozhodnutí a vztahů mezi prvky systému. Především se určí funkce, které má vykonávat operátor, jaké rozhodnutí musí učinit, jaké informace je k tomu potřeba a jaká činnost z toho vyplývá. Různými symboly je možno potom na schématu zobrazit tok informací s body, ve kterých dochází k rozhodování a jeho realizaci.

Analýza činností je zaměřena na zkoumání činnosti člověka v systému. Má význam pro posouzení relativní důležitosti jednotlivých činností a nároků, které kladou na čas a námahu. Neukazuje však případný současný výskyt činností.

Analýza průběhu událostí se týká toku událostí v systému z hlediska souvislosti jednotlivých operací, jejich rozložení, vstupů a výstupů jednotlivých podsystémů apod. Průběh událostí je možné popsat s použitím časové stupnice. Ta umožňuje zjišťovat přetíženost systému, ztrátové časy atd. Při složitých systémech se pro každý podsystém člověk — stroj použije jeden sloupec a vhodně se označí vykonávaná činnost pro dotyčný časový úsek (viz obr. 5). Pokud chybějí empirické údaje, musíme se spokojit s odhadem, resp. si ho ověřit pomocí simulace.

Analýza práce je výsledkem popisu práce a zahrnuje činnosti vykonávané člověkem (specifikace, předepsaná rychlost a přesnost vykonávání, relativní důležitost jednotlivých úloh, požadavky na schopnosti a zácvik operátora). Popis lidských úloh musí přihlížet k hlavním funkcím systému a může se uskutečnit na obecné úrovni (provoz, údržba systému) nebo v konkrétnější podobě (jednotlivé úlohy v provozu systému). Nejpodrobnější a nejhodnotnější popis požadavků na pracovní činnost lze získat až při reálném vykonávání práce. Čím dřív se však získá informace o úlohách člověka, tím víc je možné ovlivnit návrh systému. Po obecném určení pracovních úloh se přechází k detailnímu popisu. Podrobnost popisu má být na úrovni instrukční příručky pro zácvik. Doporučují se tu různé formuláře, kde se charakterizuje úloha, časové trvání, specifikace činnosti včetně konkretizace podmínek apod.

Analýza kritických požadavků vychází ze stanovených požadavků, jejichž splnění je nevyhnutelné, jestliže má systém optimálně pracovat. To samozřejmě předpokládá uskutečnění výše uvedených analýz.

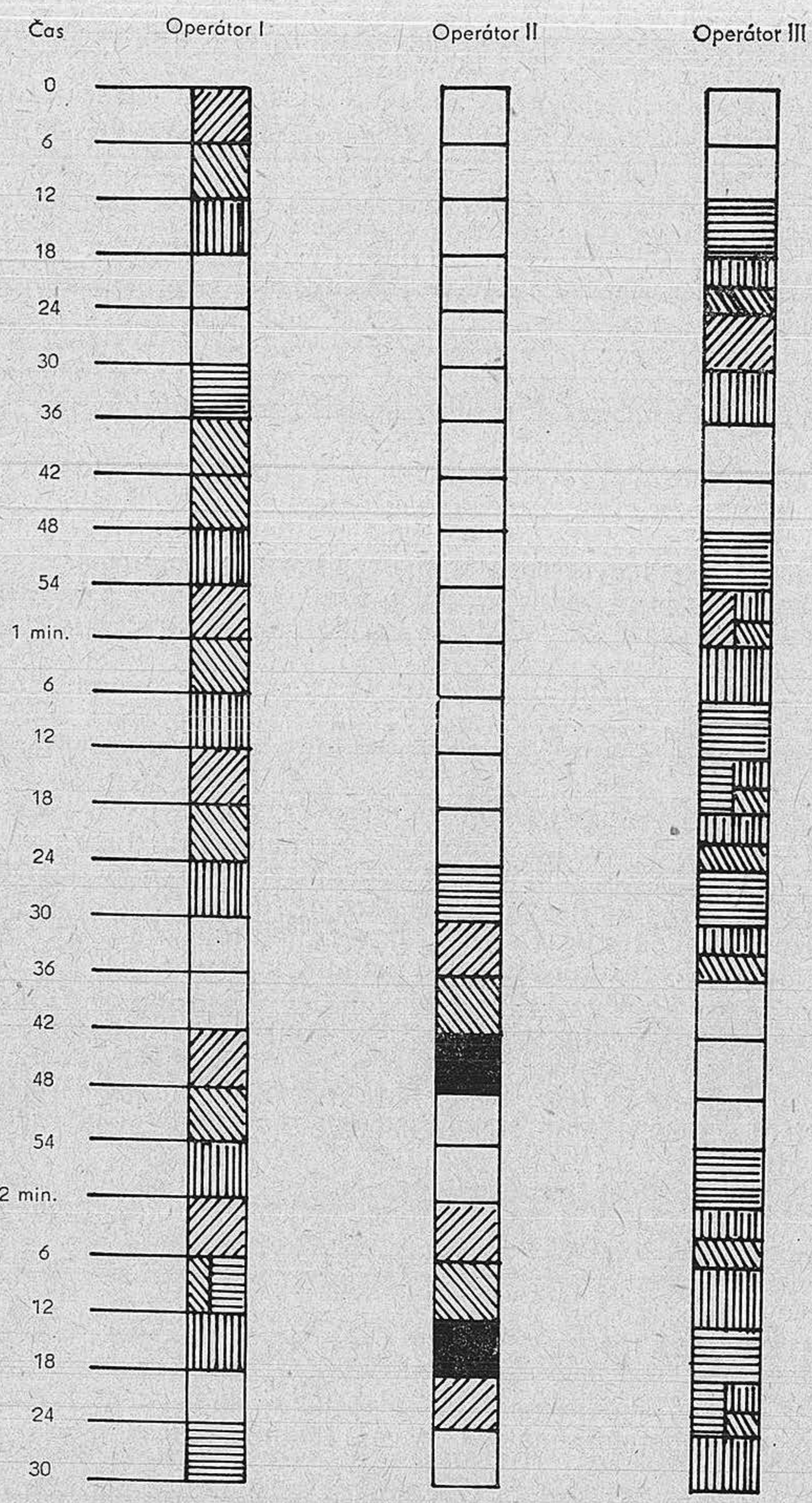
Analýza zařízení se týká těch charakteristik technických částí, s kterými přichází operátor do styku (sdělovač, ovládače, uspořádání pracoviště).

Relativní důležitost jednotlivých analytických postupů nelze určit obecně, ale vyplyne z konkrétního typu systému a požadavků na něj kladených.

2. MODELOVÁNÍ A EXPERIMENT

Modely v inženýrské psychologii představují koncepční rámec při hledání vhodných metodik analýzy práce a hodnocení systému (Zabrodin aj., 1981).

Model je zobrazení, které reprodukuje určitou stránku reality ve zjednodušené formě. Jde o analogii reálné situace. Kritériem vhodnosti modelu je jeho užitečnost (zda umožňuje zkoumání jinak těžko dostupné



Obr. 5 Časová stupnice na vyjádření toku událostí ve vztahu k činnosti operátorů

komplexní reality) a adekvátnost (zobrazení podstatných vlastností a vztahů reality). Nejblíže k realitě jsou homomorfní modely, které jsou kopií skutečnosti (např. v letectví používané simulátory a trenažéry). Symbolické modely obsahují jen nejzávažnější prvky reality, znázorněné v abstrahované formě, např. grafické schéma komunikace v systému člověk — stroj. Matematické modely zobrazují funkce a vztahy prvků pomocí matematických znaků a vzorců, např. vzorce přenosové funkce operátora při regulaci systému. Výběr modelu závisí na cíli analýzy, např. rozdělení funkcí, zácviku a na důležitosti dotyčného systému. Realistické modelování je obvykle technicky a finančně náročnější. Modelováním v inženýrské psychologii se podrobně zabývá Galaktionov (1978).

Simulace vychází z modelu a zaměřuje se na zjišťování změn v chování systému vlivem změn jeho vstupů. Využívá se při vývoji systému, dále k ověření fungování systému a jeho podsystémů. Simulace nahrazuje experimentování, které je při složitých systémech prakticky nemožné (velmi nákladné, resp. nebezpečné). Simulace ve zrychleném čase umožňuje zkoumat chování systému, který podléhá velkému počtu náhodných vlivů.

Je možné rozlišovat simulaci na fyzikálních modelech (makety), na logických modelech (od „papírových" modelů po analogový počítač) a na matematických modelech (nejčastěji pomocí číslicových počítačů). Při úplné simulaci se systém a jeho prostředí (včetně člověka) spolu se vstupními podněty a výstupními odpověďmi zobrazí symbolicky — pomocí matematických rovnic. Pokud jde o lidského operátora, současné poznatky umožňují jen velmi přibližný popis jeho charakteristik. Při částečné simulaci člověk pracuje s modelovým zařízením v reálném čase.

Výběr parametrů pro modelování, resp. simulaci závisí na důležitosti jednotlivých proměnných pro výkon systému. Čím věrnější model se vytvoří, tím větší je jeho validita vzhledem k reálnému systému. Modelování mnohých proměnných však s sebou přináší velké náklady, časové nároky a nepřehlednost výsledků. Tento rozpor je třeba řešit pomocí optimalizačních metod. Věrnost simulace fyzikálních charakteristik ještě neznamená věrnost psychologické simulace. Je třeba zabezpečit zejména simulaci kritických proměnných, ovlivňujících psychickou činnost operátora.

Při simulaci pomocí makety se podávají podněty, které se vyskytují v reálné situaci, a operátor má přiměřeným způsobem odpovídat. Při složitých systémech člověk — stroj je však sestavení makety příliš časově náročné.

Výhodou simulace pomocí počítače je rychlost a přesnost. Do počítače se vloží přenosové funkce rozličných složek systému a jejich vzájemné interakce. Potom se zjišťuje, jak ovlivňují různé vstupy očekávaný výstup systému.

Uvedeme některé typy modelů včetně oblastí jejich aplikace.

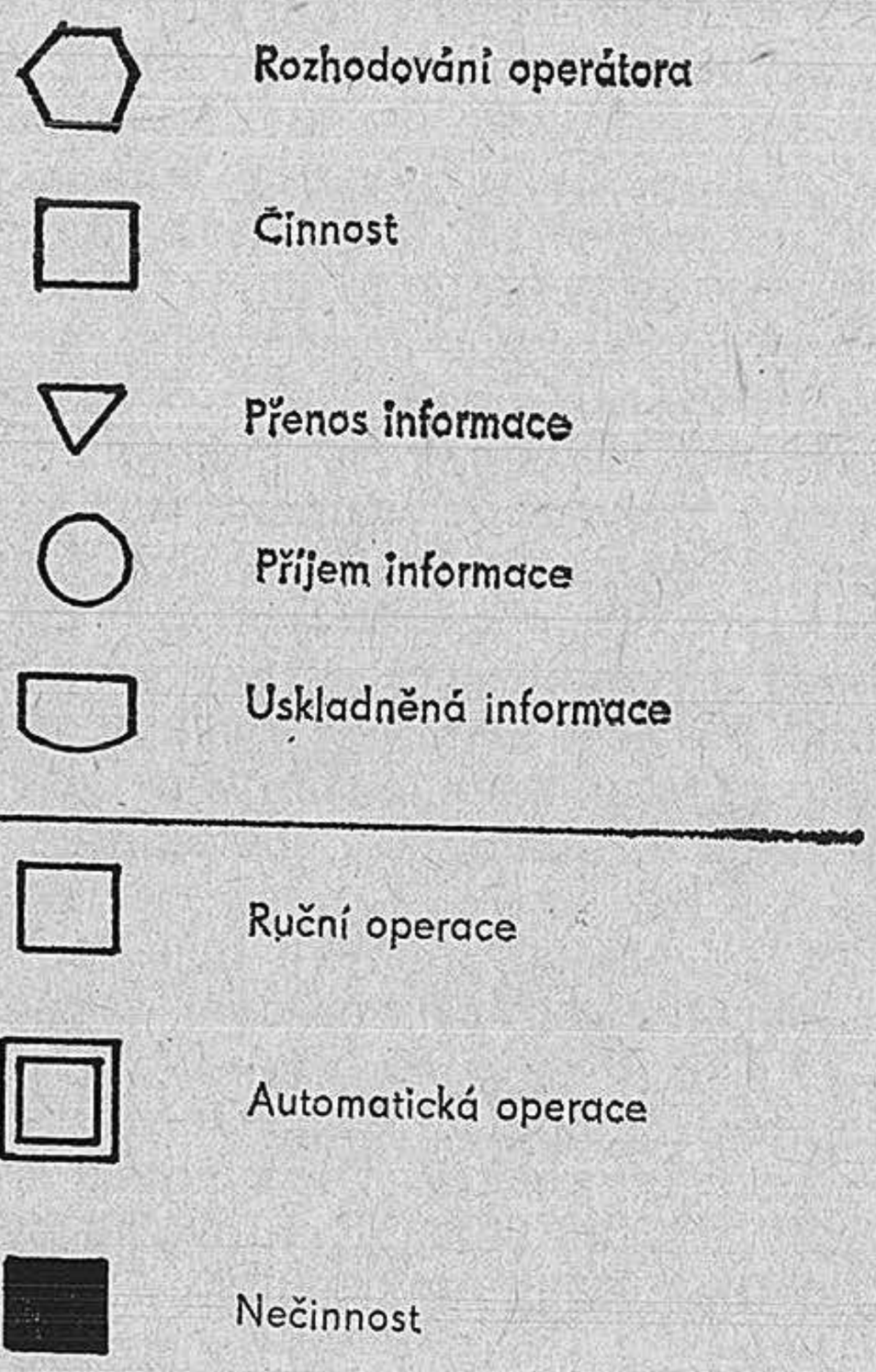
Grafické modely zachycují v názorné formě komunikační a operační vztahy mezi prvky systému a též jejich prostorové rozložení. Nazývají se modely vazeb mezi prvky. Podrobněji grafické modely popisuje např. Montmollin (1967).

Modely prostorové organizace jsou jednoduchá grafická vyjádření

prostorového rozložení technických zařízení a operátorů. Symboly zobrazující tyto složky jsou spojeny šipkami, které vyjadřují směr přenosu informace, resp. pohybu předmětu. Pro úpravu systému je důležité poznat frekvenci používání těchto vazeb v reálné situaci, např. počet telefonických nebo ústních rozhovorů. Proto se při analýze existujícího systému vyjádří tato frekvence (resp. závažnost z hlediska účelu systému) ve formě váhy, přiřazené jednotlivým šipkám. Grafickou manipulací s prvky lze dosáhnout optimálního prostorového rozložení prvků systému (ve smyslu zkrácení přenosu informací, dopravy materiálu, pohybu personálu atd.). Při složitém systému lze využít teorie grafů (jde o matematickou disciplínu, součást topologie, která se začíná uplatňovat i v psychologii).

Modely sekvenční organizace byly ovlivněny programováním počítačů a zachycují postup zpracování informace.

První použil diagram operačního sledu Kurke v r. 1961. Především pomocí sady geometrických symbolů vyjádřil stav informace v systému (obr. 6). Čáry spojující tyto symboly znázorňují základní logické operace (sbíhající se čáry — logické „a"; nezávislé čáry vycházející z prvku nebo vcházející do něj — logické „anebo"). Vertikální uspořádání symbo-

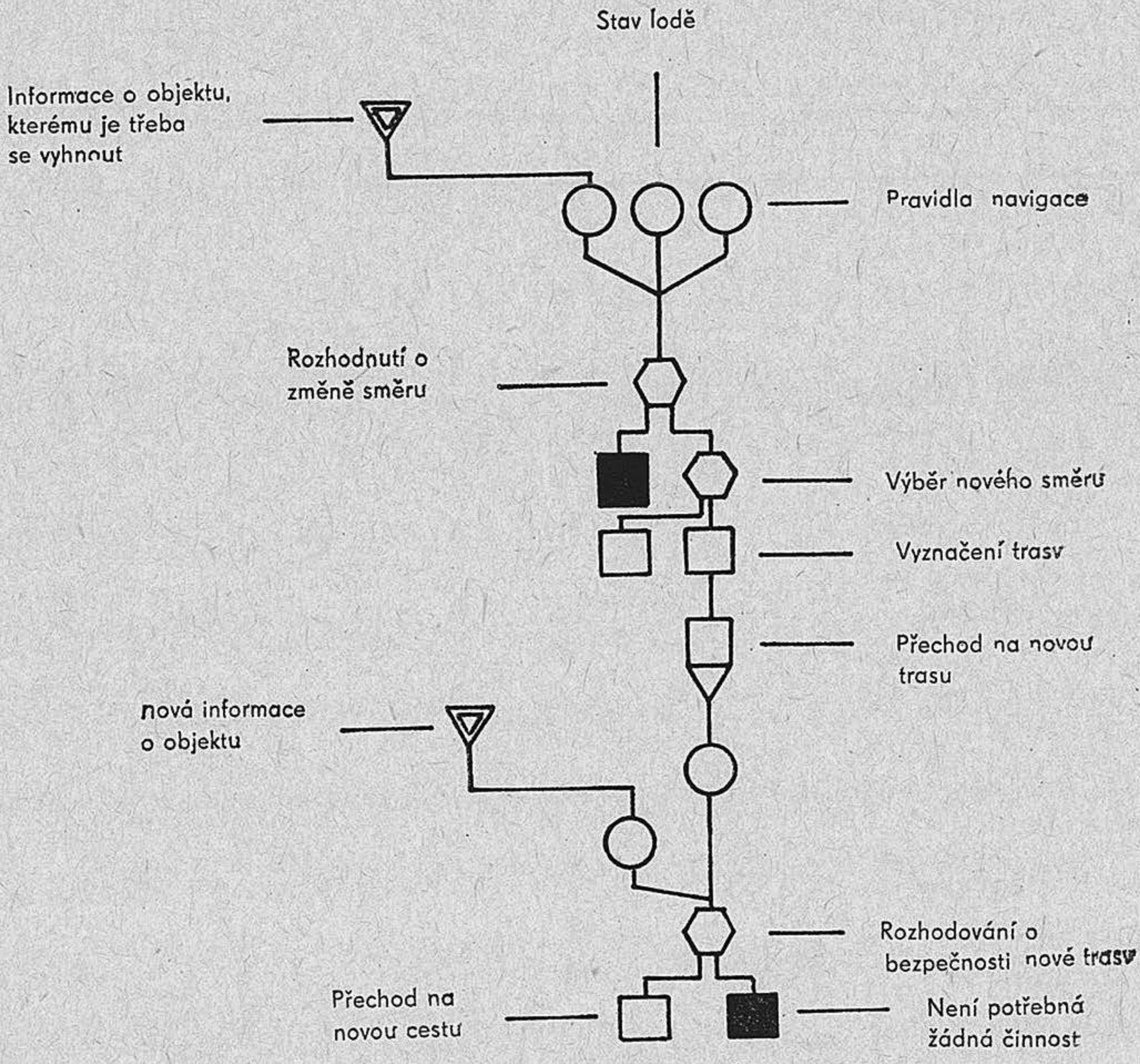


Obr. 6 Symbolické kódy použité na obr. 7

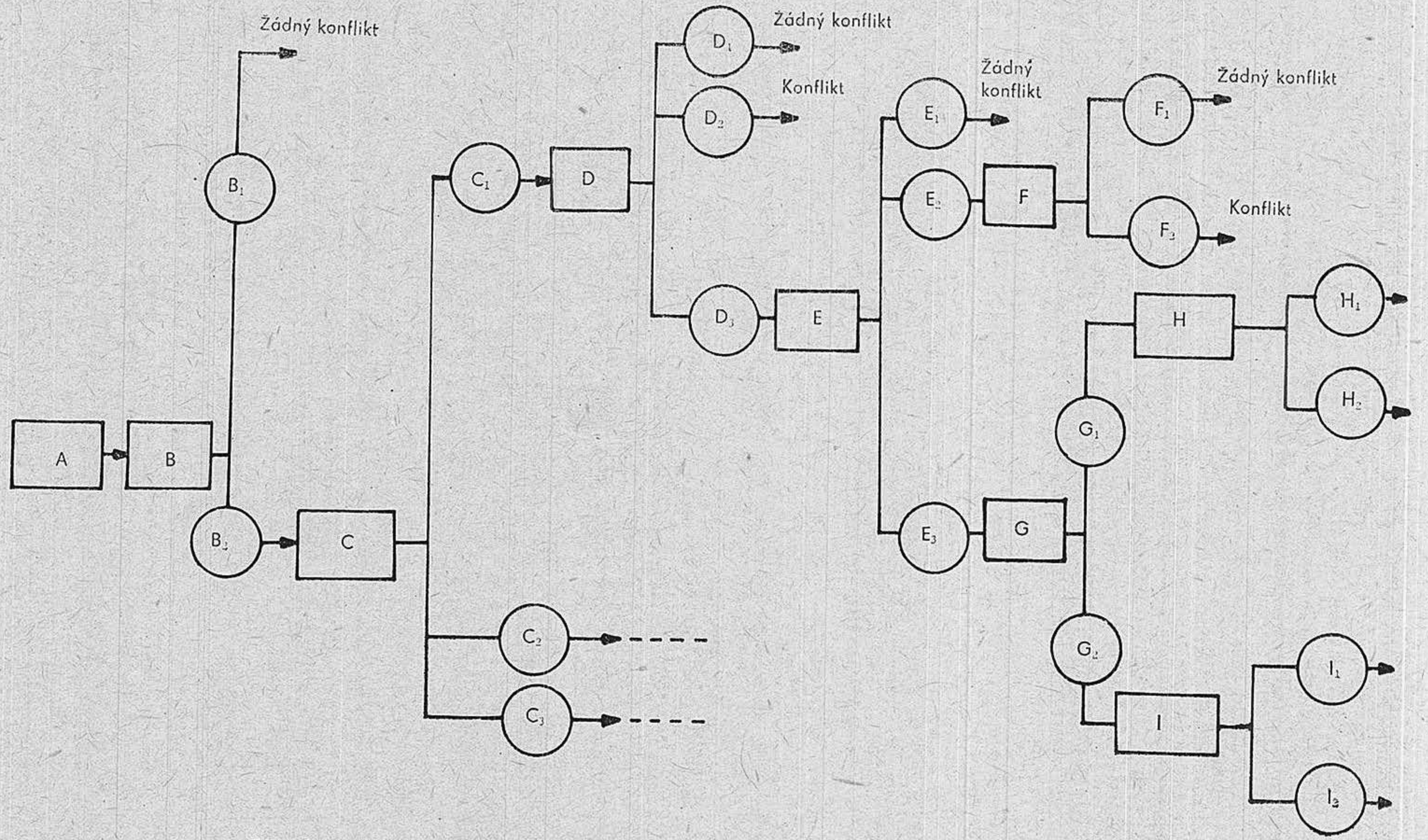
lů vyjadřuje postupnost stavů informace v dotyčném systému (obr. 7). Diagramy lze převést do logického jazyka a potom na počítači vypočítat rozličná možná řešení. Při analýze signalizačního a ovládacího zařízení je možné spojit modely prostorové a sekvenční organizace.

Podobnou metodou je postup vyjádřený rodostromem, který ukazuje sukcesívní stavy informace v systému. Uvádějí se přitom všechny logické možnosti. Připomíná binární schéma, které umožňuje prozkoumat všechny možné případy. Známý je rodostrom rozhodování leteckého dispečera, jehož autory jsou Leplat a Bisseret (1965). Podrobněji si jeho aplikaci rozebereme v kapitole o myšlení, zde uvádíme jen ukázku rodostromu (obr. 8).

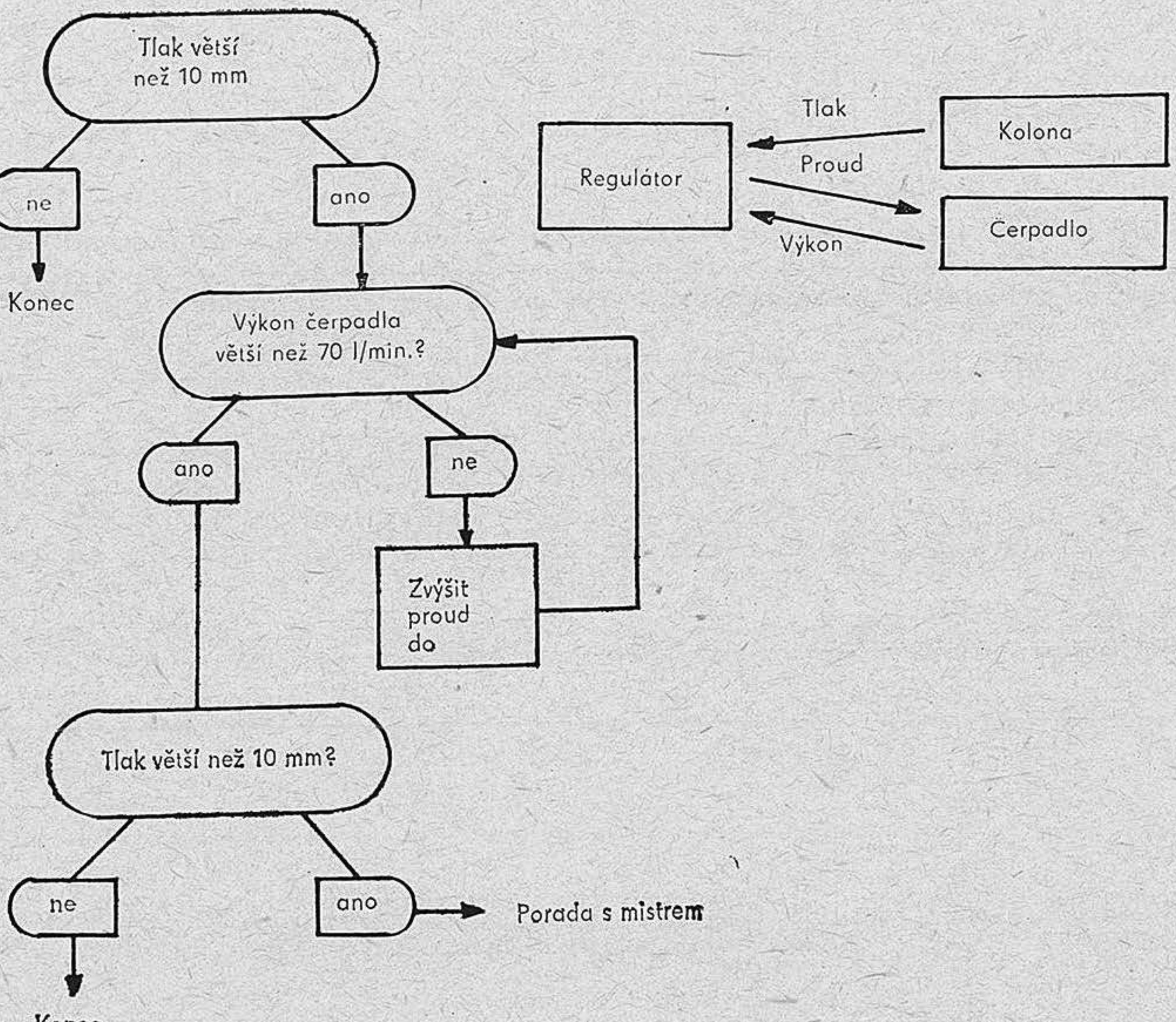
Schéma tohoto typu použil Montmollin (1967) v souvislosti se sestavením pracovních instrukcí pro operátora ve výrobně umělých hnojiv (obr. 9). Na tomto zjednodušeném příkladu je vidět jednak zpětnou



Obr. 7 Diagram operačního sledu při systému námořní navigace s cílem vyhnout se kolizi lodí



Obr. 8 Rodostrom postupu leteckého dispečera při zkoumání možných konfliktů přibližujících se letadel (*A* — požadavek pilota na přistání, *B* — výběr volné dráhy, *C* — výška letadla, *D* — rychlost letadla, *E* — parametry přistávací dráhy atd.)



Obr. 9 Zjednodušený příklad postupu rozhodování při sledování tlaku

signalizaci (poukazuje to na možnost automatizace dotyčné úlohy) a jednak výstupy k mimosystémovým složkám (mistr, opraváři). Výhodou schématu je přesný popis systému včetně vymezení jeho hranic, což ulehčuje nejen nácvik operátora, ale i rozhodování při práci. Na rozdíl od rodostromu jsou v tomto schématu zachyceny i zpětné vlivy rozličných možných odpovědí. Grafické metody podobné postupu vyjádřenému rodostromem použili při zkoumání myšlení Cristianová (1972) a Galaktionov (1978).

Modely operátora

a) Jednoduchý model operátora

Obecné zobrazení systému člověk — stroj (s otevřeným nebo zavřeným okruhem) neumožňuje přímo analýzu práce, ale ukazuje jen směr, kterým by se měla ubírat (viz schéma 3). Neplodnými budou metody zaměřené na izolovaný stroj nebo izolovaného člověka. Systémový přístup vyžaduje analýzu interakce obou složek. Při systému bez zpětné vazby se tato analýza realizuje obvykle na vyšších úrovních.

b) Komunikační modely

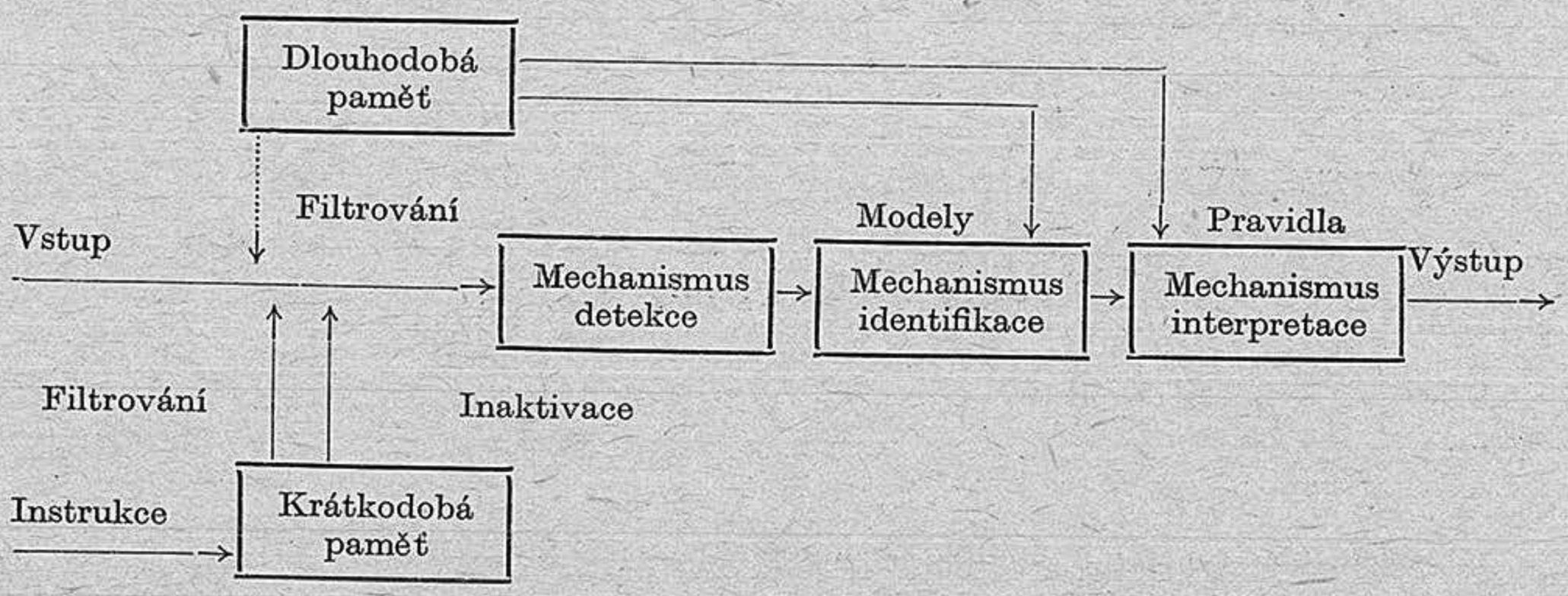
Kybernetika, a zejména teorie informace přispěly k rozsáhlým zkoumáním komunikace člověka se strojem. Vytvořené modely vycházejí z pojmů signál, informace, kódování, komunikační kanál, šum apod. a představují tak společný jazyk pro psychologa i technika. Psychologický výzkum se zaměřil zejména na zjišťování množství podané informace (entropie zdroje signálů, subjektivní pravděpodobnost), rychlost jejího přenosu přes operátora (informační kapacita), jakož i na informační charakteristiky pohybových činností. Tyto informačně kybernetické modely však mají větší dosah pro experimentování než pro analýzu práce.

c) Další obecné modely

Gagné (1962) ve svém modelu vychází ze tří funkcí lidského operátora: detekce (zjištění výskytu signálu), identifikace (zatřídění vstupních signálů do kategorií) a interpretace signálu (přiřazení „významu" — jde o myšlenkovou činnost). Autorovo schéma (viz schéma 5) zachycuje

Schéma 5

Model tří funkcí lidského operátora



hierarchii těchto funkcí. I když z psychologického hlediska je schéma značně zjednodušeno, přece umožňuje rozlišit jednotlivé typy lidských činností při zvládnutí vstupních signálů, jakož i vyjádřit tyto činnosti v pojmech srovnatelných s technickými pojmy, užívanými při popisu technických systémů.

Zinčenko a Panov (1965) rozpracovali koncepci informačních modelů činnosti operátora. Zaměřili se na jejich vlastnosti (abstraktnost, názornost a strukturovanost) a zdůraznili, že informační modely jsou základem konceptuálních modelů. Při vytváření informačního modelu je třeba vycházet z úlohy systému, ze zdrojů informací, z objektů řízení a z jejich vlastností, z rozdělení funkcí mezi člověka a stroj. Konečná fáze spočívá ve vytvoření makety zařízení, v její adaptaci, jakož i v určení požadavků na zácvik operátora.

d) Specifické modely

Tyto modely se týkají jednotlivých funkcí operátora v systému člověk — stroj. Můžeme sem zahrnout model stopování (nastavování vzhledem ke kontinuálně se měnícímu signálu), který vytvořili Birmingham

a Taylor (podle Montmollina, 1967; McCormicka, 1964, přičemž operátora považují za analogii servomechanismu. Dále můžeme uvést statistický model pozorovatele (Swets, Tanner a Birdsall, 1961), model činnosti řidiče (Zarakovskij, 1967) a leteckého dispečera (Leplat a Bisseret, 1965). V poslední době se modelují i poznávací procesy.

Zhodnocení metod

Uvedené metody modelování systému lidé — stroje (zejména lidské složky systému) je třeba hodnotit nejen z hlediska úplnosti a objektivnosti získaných údajů o systému, ale i z hlediska použitelnosti v jednotlivých fázích navrhování a ověřování systému či finančních a časových nároků jejich aplikace.

Grafické metody jsou z tohoto hlediska nejméně náročné, neboť vyžadují jen důkladné pozorování a operační analýzu existujícího systému, resp. studium technických návrhů nového systému. Vzhledem k důležitosti časového stresu, resp. dlouhých období nečinnosti operátora, je užitečné spojovat grafické modely s časovou stupnicí, což však značně komplikuje způsob zobrazení. Nevýhodou je též obecnost popisu chování operátora, např. vnímání, zpracování informací, která je překážkou přiměřeného hodnocení náročnosti jednotlivých úloh anebo operačních sledů. Přesto jsou tyto metody nejlepším východiskem při analýze a hodnocení systému.

Simulace z metodického hlediska představuje velký přínos právě tím, že zachycuje celý komplex parametrů dotyčného systému. Při simulaci pomocí makety jde vlastně o přirozený experiment, který odhaluje mnohé — při „papírové“ analýze nepostihnutelné — složky interakce člověk — stroj. Finanční náklady a časová náročnost však představují ještě značné překážky širšího používání této metody. Využití samočinných počítačů při zkoumání systému člověk — stroj s sebou přináší značné rozšíření psychologického experimentování (počítač jako programovací zařízení). Vlastní simulace interakce člověk — stroj však naráží na řadu všeobecných metodologických těžkostí. Dosud neumíme formalizovat ani složitější procesy vnímání, nemluvě už o složitém myšlení a rozhodování operátora v pravděpodobnostních situacích. Inženýrská psychologie proto musí spolupracovat s odborníky v programování, aby vytvořené programy zachycovaly i složitější formy skutečného chování člověka (podrobnější údaje viz Puškin, 1977).

Celkové modelování umožňuje získat přehled o vzájemném vztahu různých faktorů, které určují dynamiku psychických procesů. V inženýrské psychologii se zaměřuje zejména na základní funkce operátora, příjem, uskladnění, zpracování informací, zásah do procesu. Používá se při výzkumu i při projektování ergatických systémů, na diagnostikování stavů operátora, při částečné automatizaci jeho funkcí, jakož i při vytváření robotů (Krylov, 1977). V poslední době se při modelování hojně využívají počítače.

Dnešní „móda“ modelování má i nepříznivé důsledky. Často si neuvědomujeme, že model představuje jen část reality, a proto přílišné zobecnění nemusí být oprávněné. Vztahy mezi proměnnými se např. vytvořením makety mohou zkreslit a též předpokládané konstanty nemusí pla-

tit. Namísto ověřování modelu jsou jeho tvůrci spokojeni s odhadem. Konečně některé modely zobrazují samozřejmá fakta nebo vztahy. Vyjadřují jen operační charakteristiky systému na výstupu a neodhalují fungování systému.

Experiment

Důraz na experiment je charakteristický pro inženýrskou psychologii. Jde tu o pozorování jevů záměrně vyvolaných za předem stanovených podmínek. Zjišťuje se vztah mezi dvěma, resp. více proměnnými (tj. kvantifikovatelnými vlastnostmi) vyvoláním změny v tzv. nezávislých proměnných a sledováním, zda tato změna vyvolá změnu v závislé proměnné (Maršálová, 1976). Z hlediska teoretického poznání můžeme rozlišit explorační a ověřovací experiment. Manipulace s proměnnými vychází z hypotézy, která je stanovena na základě modelu, teorie nebo pozorování jevu. Z hlediska vědecké metody rozlišujeme laboratorní a přirozený experiment. Předností laboratorního experimentu je důsledná kontrola výzkumné situace, nevýhodou je zdlouhavé ověřování takto získaných experimentálních výsledků v životní situaci. V přirozeném experimentu manipulace s proměnnými probíhá v přirozených životních podmínkách, např. na pracovišti. Je tu však omezená možnost kontroly nežádoucích vnějších proměnných. Oba druhy experimentu se mohou vzájemně doplňovat při analýze práce, resp. testování nového systému. Jejich relativní důležitost závisí na podstatě zkoumané pracovní činnosti a možnostech výzkumu v podniku a v laboratoři. Kombinace obou druhů experimentu jsou tzv. terénní laboratoře, kde se experimenty přizpůsobují cíli dotyčného systému a kde lze snadněji získat probandy.

Každé experimentování s lidmi je metodicky značně náročné. Je třeba vzít v úvahu zejména sestavení experimentálního plánu se zdůrazněním vícefaktorového přístupu, dále pak systematické, resp. reprezentativní měnění proměnných, kontrolu nežádoucích proměnných, znáhodňování pořadí experimentálních podmínek, přístup probandů k experimentu, vliv experimentátora.

3. ROZDĚLENÍ FUNKCÍ MEZI ČLOVĚKA A STROJ

Navrhování systému obsahuje více etap, od celkového náčrtu po detailní upřesňování. Důraz je tu na celek; každá složka musí být přizpůsobena tak, aby vhodně přispěla k požadovanému účelu celého systému. Zanedbávání lidského faktoru při navrhování systému vede k různým těžkostem při provozu a údržbě systému. Proto je třeba už v počátečních etapách navrhování vycházet z možností a omezení lidské složky. Jde zejména o optimální rozdělení funkcí mezi lidskou a technickou složku systému.

Nevystačíme zde jen s obecnými charakteristikami člověka a stroje, ale rozdělení funkcí je třeba v důsledku prudkého vývoje techniky neustále přehodnocovat. Na základě specifikace systému ve fázi analýzy lze přiřazovat jednotlivé úlohy stroji nebo člověku na základě dosa-

vadních poznatků nebo zkušeností. Důležité jsou však i sociálně ekonomické a osobnostní aspekty pracovní činnosti. Proto je někdy potřebné úlohu zvládnutelnou strojem zadat přece jen člověku, aby se uspokojily jeho psychické potřeby (uplatnění dovedností, zodpovědnost, boj proti monotónnosti). Významný přínos v této oblasti uskutečnili psychologové z Drážďan (Hacker, 1976).

Při úvaze o tom, která složka by mohla lépe realizovat požadovanou funkci systému, vychází se obvykle z tzv. katalogu funkcí. Dosud bylo vypracováno více takovýchto seznamů funkcí (bibliografické údaje viz Stríženec, 1971). V tabulce 2 uvádíme syntézu hlavních dosavadních přehledů, jak ji vypracoval Montmollin (1967, s. 191—192), doplněnou o hlediska uvedená Kraissem a Moraalem (1976).

V tabulce 2 se člověk a stroj srovnávají podle řady hledisek. Při navrhování určitého systému je třeba uvážit, jak se člověk a stroj mají doplňovat. Člověk může být lepší v určitých aspektech (kvantitativních i kvalitativních), stroje v jiných (většinou kvantitativních). Člověk provádí lépe ty funkce, které nejsou dokonale předpověditelné, a které vyžadují určitou flexibilitu.

Významný přínos k inženýrskopsychologickému projektování představuje práce Galaktionova (1978). Rozpracoval tzv. přibližné metody projektování, kde výchozí údaje pro projektanta jsou podané ve formě tabulkového grafu. Graf obsahuje v horní části údaje o kontrolovatelných parametrech, ve střední události a v dolní části jsou uvedeny řídící zásahy. Syntéza systému (autor popisuje automatizovaný systém řízení technologických procesů) zahrnuje formulování požadavků na kvalitu řešení úloh kontroly a řízení, výběr stupně automatizace, optimalizaci informací podávaných operátorovi, organizaci systému řízení s ohledem na dialog člověk — technické zařízení apod. Podle autora výběr stupně automatizace dnes už nahrazuje překonaný přístup k rozdělení funkcí mezi člověka a stroj. Základním principem je tu zachování celostnosti struktury činnosti člověka.

4. HODNOCENÍ SYSTÉMU

Po vytvoření návrhu (resp. modelu) systému následuje jeho hodnocení z hlediska požadovaných vlastností, resp. porovnávání dvou alternativních návrhů. Hodnocení se může vztahovat i na existující systém (korektivní přístup); avšak hodnotící systémy byly nejrozpracovanější pro navrhování nových systémů. Celkově může být hodnocení zaměřeno na systém člověk — stroj nebo na výkonnost lidí, kteří jsou součástí systému. Je třeba hodnotit funkční schopnost jednotlivých složek i celého systému. Rozebereme si některé otázky souvisící s hodnocením systému člověk — stroj se zaměřením na odlišnosti hodnocení lidské složky systému.

Kritéria hodnocení

Systematický a plánovitý postup je předpokladem získání co největšího počtu platných poznatků o dotyčném systému. V prvé řadě je třeba

Tabulka 2

Porovnání funkcí člověka a stroje v systému člověk - stroj

Funkce	Charakteristiky	
	člověka	stroje
Zjišťování (detekce)	Škála podnětů omezená smysly Zjištění podnětů velmi slabé intenzity Dost dobrá citlivost Lehká změna programu filtrování Široký rozsah (10^{12}) a různost podnětů zachycovaných jednotlivými smysly (např. oko zachycující relativní polohu, pohyb a barvu) Ovlivněn horkem, chladem, hlukem a vibracemi Dobrá detekce obrazové struktury; může zachycovat signál i ve značném šumu	Velmi široká škála podnětů Těžké zjištění velmi slabých podnětů Vynikající citlivost Těžká změna programu filtrování Některé mimolidské smysly (např. radioaktivita) Menší citlivost k vnějším podnětům Horší detekce obrazové struktury
Rozlišování	Může obsáhnout dost velký rozsah fyzikálních dimenzí Může využít velmi slabý poměr signál/šum Střední kapacita kanálu Dost složité modely v paměti Konstantnost vnímání tvarů (např. perspektiva) Vnímání hloubky a reliéfu	Může obsáhnout jen velmi úzký rozsah dimenzí Všeobecně nemůže použít slabý poměr signál/šum Dost velká kapacita kanálu Velmi složité modely v paměti Velmi malá konstantnost vnímání Obtížné vnímání hloubky a reliéfu
Vyhodnocování	Velmi velká pružnost programování a jeho změny. Možná sebeinstrukce (zkušenost). Průběžná změna kódů („invence“) Schopnost zvládnutí málo očekávaných závažných událostí Omezená paměť pro kódy a jazyky Může využít nadbytečnou informaci, organizovat zlomky informace ve významové a souvislé celky Schopnost indukce a zobecnění Usuzování nepřesné, ale může využít zkratky	Malá pružnost změny programování. Fixní kódování. Malé sebeučení. Velmi omezená „invence“ Těžké reagování na neočekávané závažné události Velmi dobrá paměť pro kódy a jazyky Velmi omezená organizace vnímání Neschopnost indukce a zobecnění Velmi přesné usuzování, ale nemůže využít zkratky
Zdůvodňování	Dobré induktivní Snadno reprogramovatelné	Dobré deduktivní Náročné na reprogramování
Inteligence	Může se zabývat nepředvídaným nebo nepředvídatelným Může anticipovat Může přizpůsobovat	Neschopný přeměny cílů nebo přeměny strategie bez řízení
Paměť	Mnohonásobný přístup k paměťovým informacím Lepší pro principy a strategie	Nejlepší pro doslovnou reprodukci a krátkodobé uchování

Funkce	Charakteristiky	
	člověka	stroje
Počítání	Pomalé a nepřesné Vystavené chybám Dobré pro korekci chyb	Velmi rychlé a přesné (zejména integrování a diferencování)
Spojení podnětu a odpovědi	Může přizpůsobit rozličné typy odpovědi stejnému podnětu	Může přizpůsobit jen velmi omezený počet odpovědí stejnému podnětu
	Relativně pomalá a nestabilní reakční doba	Rychlá a stabilní reakční doba
Pohybová odpověď	Omezená v přesnosti i síle Těžko udržuje rychlé opakování odpovědi	Široký rozsah přesnosti i síly Lehko udržuje rychlé opakování odpovědi
Samostatnost	Velká samostatnost v přemísťování a udržování (homeostáze)	Velmi slabá autonomnost přemísťování a udržování
Spolehlivost	Velmi slabá a podléhá změně v čase	Může být vynikající a ve všeobecnosti konstantní
Trvání výkonu	Krátké, jestliže nejsou zavedeny přestávky (únava), ale schopný „nadvýkonu“	Neomezené, vyžaduje jen velmi málo přestávek. Neschopný „nadvýkonu“
Rychlost Energie	Zpoždění 1 s 1472 W na dobu asi 10 s 368 W na několik minut 147,2 W při kontinuální práci na den	Značně menší zpoždění Stálá na jakékoli úrovni Velký rozsah Síla podle potřeby
Stálost	Není spolehlivý Musí být sledován Musí se učit a je vystaven únavě	Je vhodný pro práci rutinní, opakovanou, přesnou
Komplexní aktivity	Jednokanálový Malá informační propustnost	Vícekanálový
Manipulační schopnost	Velká proměnlivost a pohyblivost	Specifická
Odolnost vůči přetížení	Postupný pokles	Náhlé selhání

vybrat kritéria hodnocení, čili cíl systému transformovat na měřitelné parametry, které mají ukázat, zda navrhovaný systém splňuje stanovené požadavky, a též zhodnotit účinnost inženýrskopsychologického zásahu. Protože jde o mnohá konkurenční kritéria, např. náklady — výkon — optimální podmínky pro operátora, je třeba otázku řešit pomocí optimalizace. Nejčastěji se používají kritéria ekonomická, zdravotnická (včetně psychické zátěže), spolehlivosti, času, kvality, bezpečnosti, možnosti zácviku personálu, výměny informací.

U nás dost zanedbávaným kritériem je údržba zařízení nebo systému. Zahrnují se sem otázky základního schématu sestavení systému (např. vyměnitelné moduly, lehký přístup k vnitřním částem), ulehčení identifikace prvků, rozložení testovacích bodů, návod pro opraváře (srozumitelnost, diagramy pro diagnózu poruch, jednotnost označení). Více použitých kritérií lze kombinovat do složeného kritéria, vytvořit ho s přihlédnutím k relativní závažnosti kritérií, což mohou posoudit příslušní

odborníci. Kritéria musí splňovat tyto požadavky: závažnost (vzhledem k účelu systému), spolehlivost (opakovatelnost výkonu v podobných podmínkách), vyloučení vedlejších vlivů (např. různá úroveň zácviku operátorů).

Metodologické otázky

Při hodnocení systému je třeba vytvořit reprezentativní podmínky vzhledem k jejich reálnému použití v praxi. Týká se to ještě nerealizovaných systémů. Z hlediska lidského činitele jde zejména o reálnost (systém má vykonávat určené funkce, úlohy operátora i pracovní prostředí mají být reprezentativním vzorkem skutečné situace) a reprezentativnost výběru zkušebních operátorů. Zkušební operátoři mají představovat vzorek budoucích pracovníků zejména z hlediska věku, schopností, úrovně zácviku a pracovních zkušeností s dotyčným technickým zařízením. Nevhodní jsou lidé, kteří mají zvláštní zájem na výsledku hodnocení (konstruktéři, nadřízení), dávají přednost jim známému typu zařízení a projevuje se u nich interference návyků. V praxi je těžké dodržet požadavky statistiky na počet zkušebních operátorů (30—40 lidí), a proto je třeba alespoň zabezpečit, aby skupina obsahovala poměrný výběr od „dobrých" až po „slabé". Jestliže jde o skupinovou práci, je třeba vyzkoušet různé kombinace těch zkušebních operátorů, kteří jsou k dispozici. Operátoři mají být nejprve podrobeni dostatečnému zácviku, a to v obou porovnávaných systémech; při nebezpečí interference návyku je třeba použít dvě rovnocenné skupiny. Je třeba upozornit na nutnost vyváženosti schématu testování dvou systémů, a to vzhledem k časové variaci výkonu lidí. Jestliže není možné současně porovnávat systémy A a B, je třeba je testovat v pořadí ABBA a vyvážit i jiné faktory ovlivňující výkon (např. obtížnost úkolů).

Metody hodnocení mohou být objektivní nebo subjektivní. Všeobecně je třeba dát přednost objektivnímu měření, protože názory posuzovatelů podléhají různým vlivům. Subjektivní kritérium může být sice méně spolehlivé, ale zato závažnější z hlediska účelu systému (např. pohodlí při práci). Zřejmě nejspolehlivějších výsledků dosáhneme při porovnávání systémů ve skutečném provozu, kde kromě výběru operátorů nevznikají zvláštní metodické těžkosti. Nevýhodou jsou však těžkosti při izolaci jednotlivých proměnných.

Pro stanovení tříd systému člověk — stroj lze volit různá klasifikační kritéria. Běžné způsoby třídění strojů, tak jak jsou používány v technickém přístupu, obvykle jen málo charakterizují úlohu člověka. Jako základní kritéria se nejčastěji vyskytují:

— typ řízeného systému — výrobní proces podle druhu technologie (mechanický, chemický, biologický atd.);

— charakter výstupu ze systému — podle toho, co systém produkuje (suroviny, hmoty, předměty, energii atd.);

— rozsah řízeného systému — např. jedno či víceúčelový stroj, sestava strojů, výrobní linky atd.;

— technologická úroveň systému — např. mechanizace, automatizace.

Pro potřeby inženýrské psychologie je nutná určitá kombinace kritérií, vycházející z rozboru pracovních úloh a postavení člověka v systému. V tabulkách 3, 4, 5 jsou uvedeny tři skupiny strojů se zřetelem k funkcím člověka u strojů stacionárních výrobních a nevýrobních a u mobilních strojů (Matoušek aj., 1979).

Tabulka 3
Třídy stacionárních strojů výrobního typu

Třída	Charakteristika třídy
I.	Jednoúčelový stroj jednoduchý (pouze jedna strojní operace). Je vybaven ovládači pouze pro spouštění a zastavování. Není vybaven sdělovači.
II.	Jednoúčelový stroj složitý. Navíc požaduje plynulé ruční zásobování, resp. odebírání. Vyžaduje seřízení a upínání nástrojů. Je vybaven sdělovači základního typu.
III.	Víceúčelový stroj (dvě či více strojních operací). Vyžaduje upínání více nástrojů, přípravků a jejich vzájemné seřízení.
IV.	Sestava jednoúčelových strojů stejného typu.
V.	Sestava strojů s různými strojními operacemi, spojených ve výrobní linku. Mechanizovaný mezioperační transport (kontrolní a ovládací panel).

Nejčastěji je třeba hodnotit systém, který je ještě ve fázi návrhu, resp. fyzikálního modelu.

V prvních etapách navrhování systému, kdy změny vyplývající z hodnocení lidského činitele lze ještě přiměřeně realizovat, převládá hodnocení v teoretické rovině. Používají se metody známé z analýzy systému a též matematické postupy.

Metody sbírání údajů v souvislosti s hodnocením lidské složky systému, resp. vlivu různých variant technického řešení na výkon operátora jsou shodné s metodami analýzy systému. Při hodnocení týmové výkonnosti se používá dlouhodobé pozorování podle připraveného seznamu položek, zjištění, zda se tím vybírá z dostupné informace ta, která je závažná, dále „přetěžování“ týmu zvyšováním úkolů nebo zmenšováním počtu jeho členů, skupinovou diskusí apod. Zda už jde o dobu řešení úkolů, procento úspěšně řešených úkolů nebo o frekvenci a typ chyb, záleží především na objektivnosti měření a na jeho spolehlivosti. Opakováním měření a výpočtem jejich statistické shody a validity se zjistí, zda měřený výkon umožňuje předpovídat výkon ve skutečném systému. Při zpracování údajů získaných měřením nebo odhadem je třeba použít statistické postupy obvyklé v experimentální psychologii. Při posuzování rozdílů ve výkonu při dvou systémech je třeba si uvědomit, že statistická významnost ještě nemusí znamenat praktickou významnost (Chapanis, 1967).

Tabulka 4
Třídy stacionárních strojů nevýrobního typu

Třída	Charakteristika třídy
I.	Stroje a technická zařízení používané převážně v domácnosti (stroje pro přípravu potravin, úklidové stroje, spotřební elektrotechnika atd.). Výměna jednoduchých nástrojů, jednoduché seřizování, přímé ovládání.
II.	Stroje jednoduché kancelářské techniky (psací, kalkulační, fakturační, reprodukční techniky atd.). Jednoduchá obsluha většinou pomocí tabulátorů, voličů apod.
III.	Stroje sdělovací a komunikační (telefonní, dálnopisné, rozhlasové, televizní ústředny atd.). Výměna velkého počtu informací.
IV.	Stroje a jejich sestavy pro zpracování dat pro národohospodářské účely (stroje výpočetní techniky). Používání děrných štítků, magnetofonových pásků. Zpracování sestav (výstupů) na počítacích strojích. Stanovení dlouhodobých plánů, programování.
V.	Stroje a jejich sestavy pro řízení a zabezpečení dopravních systémů. Rychlá výměna proměnlivých informací. Volba optimální strategie — rozhodovacích procesů podle určitých kritérií.
VI.	Stroje a jejich sestavy pro účely v technickém a biologicko-lékařském výzkumu a v diagnostice. Seřizování a nastavování citlivosti podle oznámených parametrů. Proměnlivost informací různého typu a rozsahu, interpretace výstupních dat.
VII.	Stroje a jejich sestavy pro obranné účely. Výskyt mimořádných situací ohrožujících život, direktivní charakter činnosti.

5. ETAPOVÉ MODELOVÁNÍ A SYNTÉZA ADAPTIVNÍCH BIOTECHNICKÝCH A ERGATICKÝCH SYSTÉMŮ

K základním principům sovětské inženýrské psychologie patří etapové modelování adaptivních systémů člověk — technika. Rozpracoval ho Achutin se spolupracovníky (1977). Biotechnickým systémem se rozumí souhrn biologických a technických prvků spojených navzájem do jednoho okruhu řízení. Patří sem systémy ergatického typu, kde člověk je řídící složkou, a technické systémy řídící organismus člověka a zvířat (např. umělé srdce). Optimální fungování biotechnických systémů předpokládá vytvoření souladu „řídících" charakteristik jejich složek. Korigování kvantitativních charakteristik člověka v modelech ergatických systémů se uskutečňuje postupným zapojováním operátora do celkového řetězce modelovaného procesu. Jde o tzv. smíšené modely, kde determinovaná část systému se reprodukuje matematickým modelem realizovaným v počítači a biologický prvek se zkoumá v reálném stavu. Podle autora základními úkoly etapového modelování jsou:

Tabulka 5
Třídy mobilních strojů

Třída	Charakteristika třídy
I	Jednoduché stroje pro manipulaci s materiálem ve výrobních organizacích. Ovládače běžného typu (start, stop, směr pohybu).
II.	Složitější stroj pro manipulaci, resp. transport materiálu ve výrobních organizacích. Řídící kabina vybavená ovládači i sdělovači. Nutnost kooperace s jinými pracovníky mimo kabinu.
III.	Dobývací stroje (důlní, lomové, vrtné soupravy apod.). Buď řídicí kabiny, nebo přímé ovládání stroje. Větší počet sdělovačů a ovládačů. Nutnost kooperace.
IV.	Zemědělské, lesnické a stavební samohybné stroje. Pracovní stanoviště nebo řídicí kabina (soustava sdělovačů a ovládačů).
V.	Silniční vozidla (doprava osob a nákladů).
VI.	Kolejová vozidla.
VII.	Letecké, říční a námořní dopravní prostředky.

1. vytvoření souladu charakteristik řízeného procesu s ukazateli organismu operátora;
2. vytvoření souladu toků informací od technických prvků s propustnou schopností operátora;
3. vypracování požadavků na psychofyziologické charakteristiky „optimálního“ operátora pro daný systém;
4. výzkum s modelem systému a reálným operátorem;
5. korekce struktury systému a technických charakteristik jeho prvků;
6. vypracování doporučení pro výběr a zácvik operátorů.

Autor též popsal trenažérově modelový komplex, na kterém se uskutečňuje modelování vnějšího prostředí, dynamiky řízení objektu, analyzují se činnosti operátora, jeho psychofyziologický stav, režimy práce apod.

Pokud jde o syntézu adaptivních biologických systémů ergatického typu, je třeba pomocí speciálních nadsystémů a logických filtrů (transformátorů vložených mezi řízený proces a operátora) zabezpečit vytvoření souladu technických prvků se senzorickými a efektorovými systémy operátora. Adaptace spočívá v přizpůsobení režimů fungování dynamice změny stavů organismu operátora. Biotechnické adaptivní systémy ergatického typu jsou užitečné zejména při vysoce nestacionárním vnějším prostředí.

IV. Činnost člověka jako operátora v různých systémech technického řízení

1. ŘÍZENÍ TECHNICKÝCH SYSTÉMŮ ČLOVĚKEM A OPERÁTORSKÉ PROFESE

Jedním z průvodních jevů technického pokroku je výskyt nových pracovních činností, modifikace starých a vznik nových povolání. Spolu se zdokonalováním a rostoucí složitostí vojenské techniky koncem 40. let, se zavedením prvních řídicích panelů a pultů, s užitím prvních radarových obrazovek vznikly operátorské činnosti i celé operátorské profese. Od klasických povolání se tyto profese odlišily svým obsahem, vnějšími znaky a většinou i účelem. Operátorskými činnostmi bývají nazývány řídící činnosti člověka v systému člověk — stroj.

Pojem „operátor", resp. „operátorská činnost" či „profese", analyzuje Matoušek a Zastávka (1973). Slovo operátor (z angl. operate = řídit, obsluhovat stroj) slouží v angličtině k označení pracovníka v profesi, která souvisí s obsluhou jakéhokoli stroje či strojního zařízení. V češtině má označení operátor užší význam. Označuje profese a užívá se ve spojitosti s činnostmi, jež mají určité specifické znaky. Podobný smysl je slovu operátor přikládán např. v ruštině.

Matoušek a Zastávka (1977) definují operátorské činnosti jako „činnosti vykonávané ve stavebně oddělených prostorech" (v kabinách, velínech, dozornách apod. — podle připravované čs. normy označovaných jako „centra řízení"), v nichž je na panelech nejrůznějších konstrukcí koncentrován menší či větší počet sdělovačů a ovládačů, umožňujících dálkovou kontrolu a řízení obvykle rozsáhlejších výrobních, dopravních či jiných systémů. Operátorské činnosti jsou převažujícími komponentami operátorských profesí, můžeme se však s nimi setkat i u profesí neoperátorských, u nichž převažují neoperátorské činnosti.

Technický rozvoj si vedle operátorských profesí vynutil i vznik dalších výrobních i nevýrobních profesí. Jsou to např. profese dispečerské, náročné profese strojnické, řidičské, pilotní a kontrolní, programátorské, seřizovačské, údržbářské aj. Při rozlišování určité operátorské profese a vymezování třídy operátorských profesí je nezbytné odlišení jednak od klasických profesí téhož oboru, jednak od příbuzných moderních profesí operátorských i neoperátorských. Pokusila se o ně např. Cristianová (1975). Nalezla rozdíl mezi činností operátora a dispečera v územní rozloze řízeného systému, v prostorovém rozložení objektů, v různé míře

rozmanitosti informačních zdrojů, v charakteru přenosu rozhodnutí, v různé amplitudě organizačních a koordinačních úloh. Operátor řídí celkový technologický proces, který probíhá v zařízení rozloženém uvnitř určitého prostoru. Dispečer řídí systém složený z prvků umístěných ve větším prostoru a spojených komunikačními sítěmi různých typů. Jako příklad systémů řízených dispečerem uvádí rumunská autorka válcovnu plechů, energetický systém a dopravu.

Otázka vymezení operátorských činností a operátorských profesí není zatím uspokojivě vyřešena. Operátory nalezneme dnes v těžebním průmyslu, v hutní, strojírenské a chemické výrobě, v energetice, v železniční, letecké i námořní dopravě a v armádě. S operátorskými činnostmi se můžeme setkat při obsluze složitých technických zařízení ve výpočetních střediscích, v telekomunikačních centrálách, při provozu sdělovacích prostředků, ve zdravotnictví, v administrativě. Matoušek a Zastávka (1977) upozornili, že dosud není vypracována jednotná celostátní nomenklatura operátorských funkcí. Pojem operátor se v podnikové nomenklatuře hutního průmyslu k označení profese téměř neužívá, je zde zato řada jiných profesí, označených jinými názvy, které odpovídají představě o operátorovi (pecař, valcíř, strojník, řidič výrobního zařízení, velínář apod.).

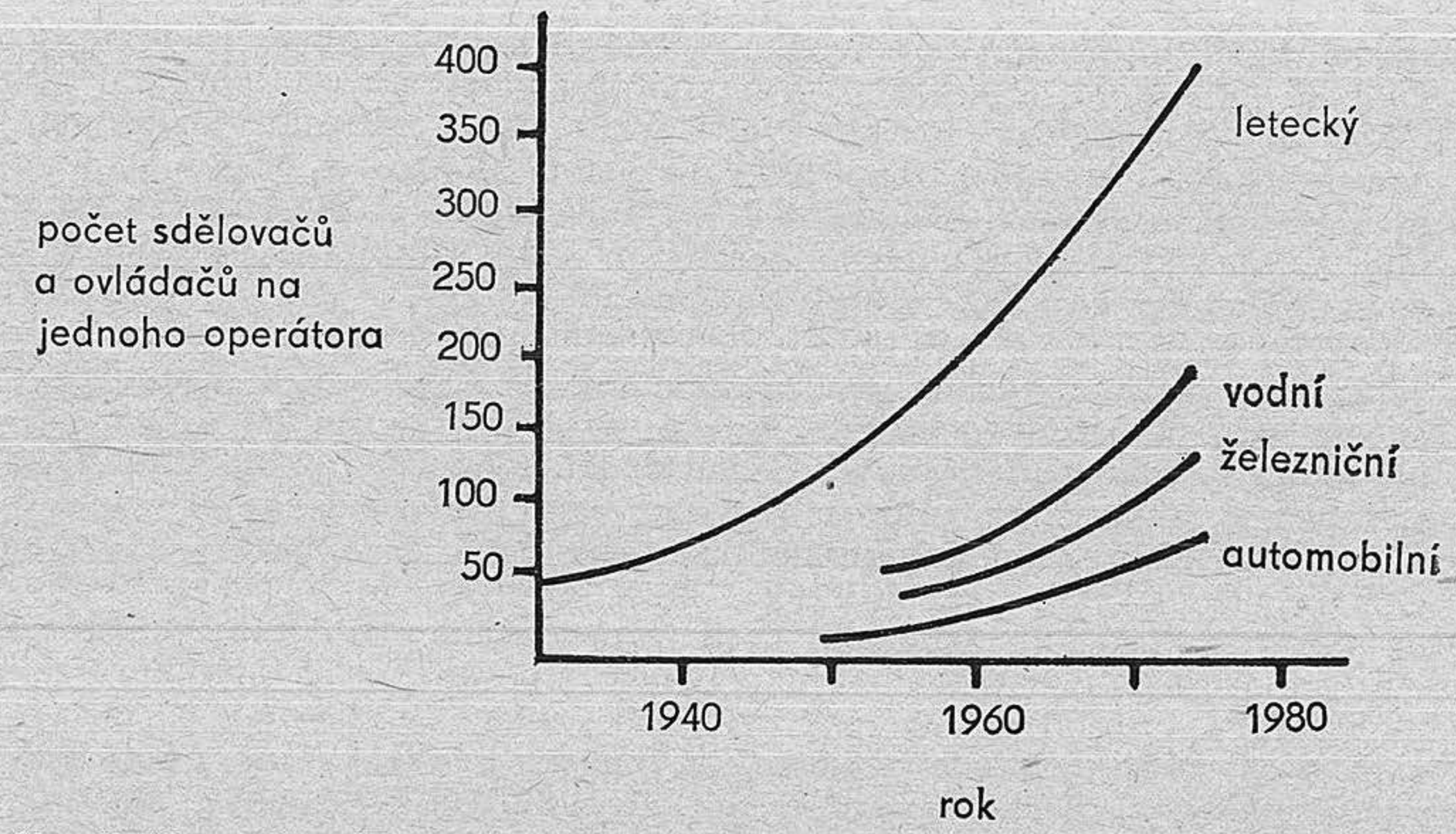
Zásadní rozdíl mezi operátorskými a neoperátorskými profesemi nespočívá tolik v rozdílné funkci, velikosti, složitosti a prostorovém rozložení řízeného systému, ani v rozsahu pociťované zodpovědnosti za přesný a spolehlivý chod systému, jako v povaze operačního vybavení a v obsahu, charakteru a průběhu řídících činností. Tento rozdíl je také pramenem odlišných požadavků a nároků kladených na operátory různých technických systémů.

Následkem rostoucího podílu automatizace na řízení technických systémů dochází ke změnám nároků a požadavků na člověka — operátora, který je organickým článkem těchto systémů. Tyto změny v nárocích mají v průběhu let nápadně vzestupnou tendenci (obr. 10 a 11). Řízení se stává distančním, vysoce zprostředkovaným (Krylov, 1972). Jedním z nejcharakterističtějších znaků tohoto vývoje je rostoucí složitost soudobé techniky. Bezprostřední kontakt člověka s opracovávanou materií je vystřídáván stále těsnějšími vzájemnými vztahy člověka a techniky.

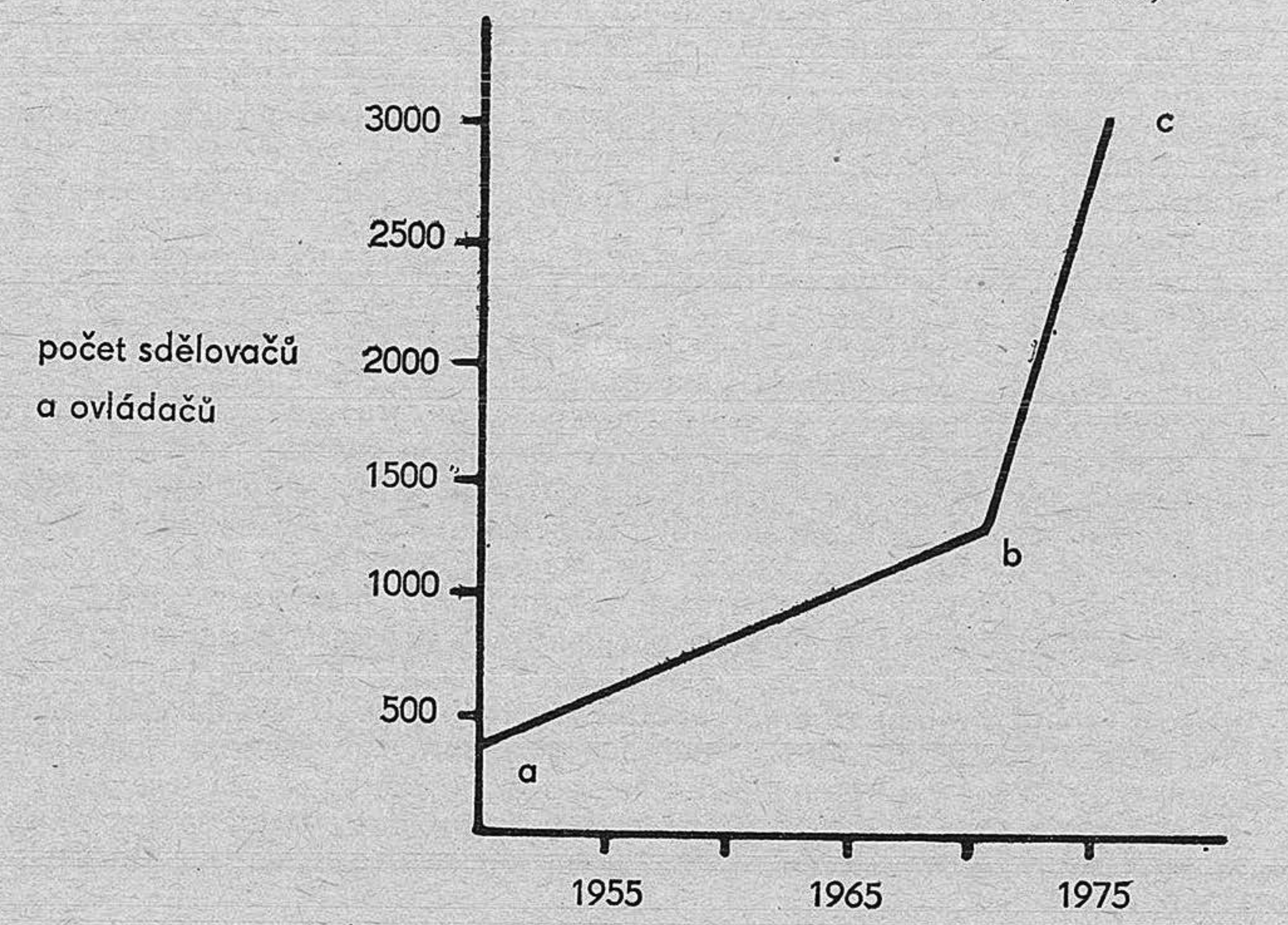
Na vyšších technických úrovních vstupují mezi člověka a řízený systém stále složitější zprostředkující články, servomechanismy a automatické systémy. Některé z myšlenkových operací člověka jsou řešeny mimo výrobní systém pomocí počítačové techniky. U vysoce automatizovaných systémů člověk — technické zařízení je činnost operátora mnohdy omezena na spouštění a zastavování systému a na zásahy při mimořádných situacích. Nejvyšší technická úroveň systémů se vyznačuje začleněním elektronických počítačových systémů přímo do technologického procesu.

Smyslem všech zprostředkujících článků je zvýšení produktivity, odstranění namáhavé a rizikové fyzické práce, zajištění bezpečnosti obsluhy, zvýšení přesnosti a spolehlivosti výrobního či jiného technického systému a v konečném důsledku zabezpečení ekonomické účinnosti systému.

Závažnost sociálních a sociálně psychologických faktorů ve výrobě zdů-



Obr. 10 Růst počtu sdělovačů a ovládačů v dopravních systémech (Kotík, 1978)



Obr. 11 Počet sdělovačů a ovládačů v typickém velínu elektrárny (Sheridan a Johannsen, 1976)
a) elektrárna s tuhým palivem — výkon 100 MW
b) elektrárna s tuhým palivem — výkon 1000 MW
c) elektrárna s nukleárním palivem

razňuje kromě výzkumu systému „člověk — technika — prostředí“ také nezbytnost intenzívně zkoumat systém „člověk — pracovní skupina — technika — prostředí“.

Na tomto základě psychologie řízení podle Rubachina (1973) zahrnuje nejen funkčně strukturní analýzu organizačních systémů i řídící činnosti a sociálně psychologickou analýzu výrobních i řídících kolektivů, ale též inženýrskopsychologickou analýzu tvorby a zavádění i užití automatizovaných systémů řízení v národním hospodářství.

Přímé osobní řízení je doplňováno regulační technikou, která umožňuje řídit velké systémy. Pozornost je třeba věnovat vztahům technické a sociální struktury podniku. Teorii řízení je třeba rozšířit o technické aspekty, zejména o sféru systému člověk — technické zařízení.

Systémové řízení se zabývá řízením tzv. smíšených systémů, v nichž vedoucí úlohu má člověk. Znamená řízení systémů člověk — stroj, člověk — technika a lidé — technika (Khol, 1977, 1981).

Člověk a technické zařízení představují synergický celek, jednotu, specifickou třídu systémů složenou jak ze subsystému lidského činitele, tak i ze subsystémů technických. Vytvářejí relativně uzavřenou soustavu, kterou podle Mateiciuca (1975) jako „systém člověk — stroj“ označuje Chapanis (1959), Lomov (1973), Křivohlavý (1970), Daniel (1975), „systém lidé — stroje“ Montmollin (1967), Křivohlavý (1970), „systém člověk — automat“ Ošanin aj. (1966), „systém řízení“ Panov a Zinčenko (1964), „systém řízení automatizované výroby“ Krylov (1972), „automatizovaný systém řízení“ Zavališinová in Daniel (1975), „technický systém s implicitní lidskou komponentou“ Machol (1965), „komplexní systém“ Stríženec (1969), „sociotechnický systém“ Voronova (1973) anebo jen „systém“ De Greene (1970).

2. ANALÝZA ČINNOSTI OPERÁTORA

Při analýze činnosti operátora se věnuje pozornost specifickým dílčím procesům a operacím. Obecné členění řídící činnosti operátora navrhl Kruliš (1979) se třemi požadavky:

1. počet a obsah hierarchicky uspořádaných úrovní musí umožnit postupné rozčlenění řídící činnosti na funkční a logicky odůvodněné jednotky; každá taková jednotka činnosti na každé rozlišovací úrovni musí představovat jasně vymezený úsek činnosti, který je nutno pojmout při analýze činnosti jako celek;
2. členění musí být použitelné pokud možno pro všechny typy řídící činnosti, a musí proto vzniknout na základě zobecněné analýzy aktivity člověka při různých řídících činnostech;
3. užitá terminologie by měla co nejvíce respektovat termíny běžně užívané ve výrobních postupech.

Jeho členění zahrnuje činnosti, úkoly, podúkoly, operace, úkony a elementy.

Každý pracovník (v našem případě operátor) má v rámci svého pracovního zařazení ve své pracovní náplni vymezen rozsah činnosti nebo činností, které musí vykonávat.

Činnost operátora v tepelné elektrárně je např. řízení kotle nebo turbogenerátoru, pořizování bilančních záznamů apod., činností řidiče nakládače je řízení nakládače, případně jeho čištění a údržba, činností

soustružníka je obrábění a seřizování soustruhu, jeho čištění, manipulace s polotovary a obrobky.

Každá z těchto činností (v našem případě řídící činnost, tj. ta část pracovní náplně, jejímž cílem je řízení daného zařízení) je tvořena několika základními úkoly, z nichž každý plní jeden ze základních funkčních cílů (u operátora v tepelné elektrárně jsou např. tyto základní cíle, a tím i úkoly: regulace a kontrola dodávky paliva do kotle, regulace a kontrola množství vody v kotli, regulace a kontrola teploty a tlaku páry atd; řidič nakládače může mít za úkol těžit horninu nebo nabírat, přemísťovat a nakládat horninu nebo přejet s nakládačem na jiné pracoviště; úkolem soustružníka je např. vyrobit určitou součástku podle určitého technologického postupu). Určení základních cílů, a tím i členění činnosti na úkoly lze provést podle různých hledisek, musí však umožňovat další analýzu úkolů na operace. U složitějších činností je účelné členění úkolů na podúkoly, případně i ve více hierarchických vrstvách.

Operace je složka činnosti, jejímž vykonáním je splněn určitý cíl činnosti. Operace vzniká jako řetězec konečného počtu úkonů, z nichž každý sice může být vykonán samostatně, avšak bez provedení ostatních úkonů by neměl z hlediska cílů činnosti žádný smysl; smysl dostává až v rámci operace.

Úkon je nejmenší úsek činnosti, který se může uskutečnit samostatně; provedení úkonu samo o sobě však ještě nesplňuje žádný z cílů činnosti. Úkon je základní prvek technologických (výrobních) postupů. Jakékoli členění úkonu je z psychologického i fyziologického hlediska jistou abstrakcí.

Element úkonu je nejmenší funkční složka činnósti, která však sama o sobě nemá žádný smysl — smysl dostává až v rámci určitého řetězce elementů tvořících úkon; element úkonu nelze bez návaznosti na další elementy ani vykonat (např. nelze stisknout tlačítko, aniž by byl proveden pohyb prstu k jeho dotykové ploše, nebo nelze interpretovat informaci, aniž by předtím byla dekódována atd.). Elementy úkonu lze dále analyzovat na psychologické a fyziologické komponenty, jako např. pohyb oka, činnost určité skupiny svalů, filtrace přejímaných informací, postavení určité hypotézy v rámci rozhodování apod. Každá z těchto komponent může být předmětem dalšího rozboru na nejrůznějších úrovních a z nejrůznějších hledisek.

Základními strukturálními prvky navržené taxonomie jsou tedy činnosti, úkoly, případně podúkoly, operace, úkony s elementy. Kritériem pro rozlišení je jednak hierarchie cílů, jednak funkční nebo realizační samostatnost. Příklady členění činnosti operátora bloku v tepelné elektrárně, řidiče nakládače a soustružníka jsou uvedeny v tabulce 6.

Příjem informací o řízeném procesu je ovšem pouze částí vnímání operátora. Do průběhu vnímání zasahují jak situační podmínky (trvání činnosti, přestávky, pracovní instrukce, podmínky pracovního prostředí), v nichž se operátor nachází, charakteristiky přijímaných signálů (modalita, intenzita, frekvence i její kolísání, interference signálů, kontrasty apod.), tak i vnitřní proměnné a centrální procesy na straně operátora (aktuální úroveň aktivace a pozornosti, motivy, sociální normy, individuální hodnoty, individuální somatické a psychické zvláštnosti).

Významným činitelem spolupodmiňujícím vnímání je pozornost (Kanto-

Tabulka 6
Příklady taxonomického členění pracovní činnosti

Pracovní zařazení	Operátor bloku (v tepelné elektrárně)	Řidič nakládače	Soustružník (univerzální soustruh)
činnost	ovládání kotle a turbogenerátoru	řízení nakládače	obrábění
úkol	regulace a kontrola dodávky paliva do kotle (nebo např.: regulace a kontr. množství vody v kotli regulace a kontr. teploty a tlaku páry atd.)	nabírání, přemísťování a nakládání horniny (nebo např. těžení, přejíždění atd.)	obrobení polotovaru podle určitého technologického postupu
podúkol	regulace dodávky paliva při výpadku mlýnského okruhu (regulace dodávky při nepadání uhlí na jeden z podávačů apod.)		
operace	přechod na záložní mlýnský okruh (najetí na mazutové topení)	jeden cyklus nabrání, přemístění a vyklopení zeminy	vysoustružení polotovaru na předepsaný tvar a rozměry (upnutí materiálu, broušení nožů, kontrola rozměrů)
úkon	zapnutí záložního mlýnu (přepnutí regulace výkonu na ruční ovládání, zapnutí podávače záložního mlýnského okruhu, kontrola tlaku páry atd.)	zapnutí, kontrola a vypnutí zdvíhání výložníku (dtto pro přiklápění či spuštění lopaty), zařazení rychlosti atd.	zapnutí strojního posuvu, kontrola záběru a vypnutí posuvu (upnutí polotovaru, vypnutí rotace vřetena atd.)
element	pohyb ruky ke spínači zálož. mlýnu apod.	držení páky v poloze „zdvíhání" ap.	pohyb ruky od páky strojního posuvu ap.

witz, 1981). V pracovní činnosti operátora se uplatňují zejména vigilanční úlohy, monitorování a úlohy, při nichž má operátor reagovat co nejrychleji na výrazné diskontinuální změny.

Stále větší pozornost je věnována procesům myšlení a rozhodování, které jsou jádrem zpracování informací a řídící činnosti člověka.

Lze rozlišit několik úrovní rozhodování:

1. deduktivní rozhodování v situacích charakterizovaných plnou určitostí při řešení úloh „příjem sdělení — předání sdělení" a „příjem sdělení — předání příkazu". Deduktivní rozhodování probíhají formou algoritmických postupů a mají tři úrovně:

— elementární dedukci typu „příjem sdělení — bezprostřední předání",

— optimalizující dedukci typu „příjem sdělení — porovnání sdělení s kritériem — předání",

— adaptivní dedukci, která využívá tzv. modelu žádoucího stavu k přepracování signálu;

2. induktivní rozhodování, kdy je třeba pro řadu případů nalézt pravidlo řešení úloh typu „příjem sdělení — předání příkazu“;

3. prognostická rozhodování. Na základě induktivního zpracování se vytváří model hypotézy. Po dedukci se z hypotézy tvoří model řešení budoucí situace. Uplatňuje se při řešení úloh typu „příjem sdělení — předání sdělení“ a „příjem příkazu — předání příkazu“.

Myšlenková činnost operátora spočívá ve vytváření a přetváření různě složitého vnitřního dynamického „mentálního modelu“ situace v procesu, který operátor řídí (Stríženec, 1971). Tento model si vytvářejí jen zkušení operátoři. V jeho rámci pak hodnotí varianty potenciálních zásahů a vybírají z nich ty nejlepší. Východiskem pro utváření vnitřního psychického modelu situace a řízeného procesu je fyzikální model zařízení a znalosti operátora o řízeném procesu (technologické znalosti, znalost předpisů apod.).

Ve způsobu řešení problému a v činnosti jsou velké rozdíly vzhledem ke kategoriím problémových situací. Při známých situacích může člověk použít naučený postup, sled nutných operací, tj. algoritmický postup řešení. Druhou skupinu tvoří neznámé problémové situace, v nichž člověk musí vytvářet nový, vlastní heuristický program činnosti, protože nezná algoritmus činnosti.

Jedinec vytváří tzv. kognitivní mapy, které mohou být rámcem též pro operativní myšlenkové a představové vyjádření řízeného procesu v pracovní činnosti operátora.

Nelze brát na zřetel pouze cirkulaci informace, ale je třeba zdůraznit propojenost kognitivních a sociálních činitelů, chápání významu objektivní situace i vlastní činnosti s aktivačními a motivačními faktory. Obecné zákonitosti činnosti a autoregulace činnosti budou platné rovněž ve specifických podmínkách pracovní činnosti operátorů. Přes prioritu informační funkce operátora v systému se uplatňuje množství různorodých individuálních proměnných, které mohou průběh pracovní činnosti výrazně ovlivnit.

Na základě provedených rozborů se ukazuje, že průběh pracovní činnosti operátora z hlediska spolehlivosti nejvíce ovlivňuje výskyt psychické zátěže v soudobých technických systémech a s tím souvisící příprava pracovníků pro tyto profese. Psychická zátěž může vycházet i z pracovní činnosti člověka a z jeho začlenění v organizačních a technických systémech. Lidská odolnost vůči zátěži se stala důležitým činitelem spolehlivosti těchto systémů.

Funkce člověka v systému člověk — technické zařízení mohou být různé. Může vystupovat v roli příjemce sdělované informace, která je přenášena od řízeného objektu a předává se od jednoho článku systému k druhému. Člověk může analyzovat informace, rozhodovat se, tj. vytvořit řídící nebo povelovou informaci. Člověk rovněž může plnit funkci programování práce celého systému nebo jeho částí, tj. vytvořit programující informaci. Na základě informace přicházející od objektu může kontrolovat činnost systému a může být též vykonavatelem řídících příkazů, tj. provádí činnosti zaměřené na přetvoření objektu.

Podkladem pro řídící schopnosti člověka je jeho schopnost modelovat, obnovovat ve vědomí objekt řízení, složitý systém jemu náležících částí

a jejich vzájemné spojení. To znamená, že automatizace řízení vede k vytvoření mechanismů, které tvořily operativně informační model řízeného objektu.

Systémový, komplexní pohled člověka na skutečnost, jeho schopnost poznávat reálně existující systémy je v podstatě sociální schopnost spojovat, systematizovat různorodé části, poznatky z dřívější zkušenosti a soustřeďovat vlastní zkušenost k řešení různých problémových situací, což umožňuje člověku řešit složité řídící úkoly.

Člověk pracuje v určeném informačním režimu. Tento režim je vynucen řízením, pokud „propustná kapacita" a spolehlivost člověka závisí na velikosti informačního toku, struktuře a dynamice jeho změn, informačním prostředí a úrovni i struktuře informačního šumu (Nežmetdinov, 1978).

Operátor řídí činnost jednotlivých prvků složitých dynamických soustav v procesu a v potřebném okamžiku průběhu zasahuje a uplatňuje přitom operativní myšlení.

Základní podmínkou realizace účelu operátorské činnosti je oboustranná výměna informací mezi člověkem a technickým zařízením. Činnost se neuskutečňuje s reálnými objekty, ale s jejich informačními modely.

Lze rozlišit šest fází činnosti operátora:

1. cílevědomé pozorování, během něhož dochází k apercepci, selekci, analýze a dekódování běžné informace;
2. uspořádání informací do uceleného systému vzájemných charakteristik;
3. řešení problémového úkolu;
4. vypracování strategie chování — konkrétní plánování a působení na řízený systém;
5. praktické senzomotorické činnosti;
6. kontrola a zhodnocení provedených operací.

Současná koncepce výzkumu a projektování činnosti operátora

Psychologie se zaměřila na analýzu činností a tím byl proveden rozhodující krok na cestě vědeckého výzkumu sociální podmíněnosti psychických jevů a k překonání omezenosti přírodovědného přístupu k výzkumu člověka.

V konkrétně psychologických pracích, v nichž je předmětem zkoumání lidská činnost, lze vidět tři zaměření.

První z nich tvoří práce, v nichž se činnost analyzuje z hlediska vektoru „motiv — cíl". Na této úrovni se zjišťuje makrostruktura činnosti, její vnitřní obsah, zkoumá se regulující úloha cíle — představy v organizaci činnosti člověka.

Druhou skupinu tvoří práce zaměřené na výzkum psychologických mechanismů příjmu, uchování a zpracování informace, rozhodování a regulace činnosti. Výzkum činnosti na úrovni informačních procesů a psychologických mechanismů regulace lze označit jako střední úroveň její analýzy.

Mikroúroveň výzkumu činnosti zahrnuje psychofyziologické zákonitosti, problém aktivace a biochemické procesy.

V analýze řídící činnosti musí být zachycen nejen popis percepční, psychické a motorické činnosti, ale musí poskytnout i adekvátní přehled o relevantních podmínkách řídící činnosti a o nárocích, které jsou na operátora kladeny. U komplikovanějších systémů musí být rozbor činnosti operátorů součástí celkové analýzy systému, a to v návaznosti na funkční analýzu systému, na časový rozbor funkcí jednotlivých složek systému ve vzájemných vztazích, dále na rozbor kritických událostí a konečně na rozbor a posouzení příslušných technickoorganizačních, inženýrskopsychologických, spolehlivostních a bezpečnostních vlastností a parametrů systému.

Zkušenost ukazuje, že při rozboru řídící činnosti je účelné začít s určením komplexů proměnných tvořících vzájemně souvisící bloky, které operátor musí kontrolovat a regulovat ve vzájemných souvislostech; jinak řečeno, jedná se o určení vybraných činností jako komplexů operací a úkonů, jež je možno a nutno pojmout do analýzy jako celky. Teprve pak lze přistoupit k rozboru těchto činností s cílem specifikovat jejich úseky, případně vytvořit jejich algoritmus. Opačný postup, od jednotlivých zásahů operátora až k jejich komplexu tvořícímu celou řídící činnost, je zpravidla neefektivní, nepřehledný a jen obtížně a zdlouhavě jím lze získat dostatečný přehled o vazbách mezi jednotlivými řídícími operacemi, o jejich vztahu k cílům řídící činnosti i o jejich souvislostech s objektivními podmínkami řídící činnosti.

Rozbor vlastní činnosti operátora se provádí zpravidla na základě pozorování doplněného o rozhovor nebo dotazník. Vodítkem přitom bývají různé druhy profesiogramů nebo kontrolních listů. Dalšími užívanými metodami popisu a rozboru řídící činnosti jsou analýza informačního toku, funkční analýza systému, simulační metody, časové snímky, algoritmizace, rozbor různých kvantitativních ukazatelů o technologii, produkci, produktivitě, zmetkovitosti, selháních apod. Pro hodnocení individuálních faktorů se používají nejrůznější psychologické diagnostické metody (testy schopností, osobnostní testy, dotazníky, anamnestické rozbory, sociometrické techniky), psychofyziologická měření reakcí organismu na zátěž a únavu, techniky pro měření volné mentální kapacity, kalorimetrické metody, rozbory fluktuačních tendencí, motivační a postojové dotazníky atd. Nezbytnou součástí analýzy by mělo být měření a hodnocení faktorů prostředí (parametry mikroklimatu, vibrace, estetické ztvárnění pracoviště atd.).

Je-li hlavním cílem analýzy získat podklady pro predikci nebo zvyšování spolehlivosti řídící činnosti, používají se zvláštní modifikace uvedených metod, a navíc přistupují speciální metody spolehlivostní analýzy. Tento přístup k analýze řídící činnosti považujeme za velmi vhodný, neboť tvoří pojítko mezi ryze technickými nebo ekonomickými hledisky a hledisky antropocentrickými.

3. METODY ANALÝZY ČINNOSTI OPERÁTORA

K rozboru množství činitelů, jež určují činnost operátora, jsou nezbytné speciální metodiky. K základním metodám získávání informací o činnosti operátora náleží:

1. rozbor technické dokumentace a vybavení systému;
2. pozorování činnosti operátora v procesu řízení;
3. registrace objektivních ukazatelů jeho činnosti;
4. experimentální výzkum článků této činnosti;
5. analýza chyb operátorů;
6. expertizní hodnocení jednotlivých ukazatelů činnosti;
7. rozhovory s operátory.

Tyto metody se používají ke třem následujícím úkolům:

1. Je-li třeba analyzovat činnost operátora v systému, který je již v činnosti, s cílem psychologicky zhodnotit tuto činnost nebo využít získaných dat při projekci podobného systému.

2. Je-li třeba podle projektové dokumentace nebo již existujícího vybavení zhodnotit podmínky činnosti operátora v novém systému.

3. Je-li třeba při projekci systému člověk — stroj zjistit a určit některé ukazatele a podmínky budoucí činnosti operátora v tomto systému.

Metoda rozboru technické dokumentace a vybavení systému umožňuje seznámení s úkoly, které řeší operátor, a s podmínkami jeho činnosti. Soustředění nezbytných dat touto metodou obvykle začíná rozborem technické dokumentace. Na základě technických popisů, blokových schémat, technických výkresů, instrukcí pro obsluhu systému se určují funkce a požadavky kladené na systém. Tak se zjišťují funkční povinnosti operátora, požadavky na něho a omezení jeho činnosti. Určují se instrukce, v nichž se upřesňují pravidla činnosti operátora při různých režimech činnosti systému, vymezují se normy jeho chování ve zvláštních případech a upozorňuje se na to, jak se vyhnout možným chybám. Poznatky získané rozborem technické dokumentace lze doplnit hodnocením techniky, s níž operátor pracuje, jeho pracovního místa, přístrojových pultů, ovládačů. Touto metodou lze získat obecnou představu o úkolech operátora, stupni jejich složitosti, podmínkách činnosti, režimech práce apod.

Metoda pozorování činnosti operátora je zvlášť vhodná v těch případech, kdy tato činnost má především pohybový charakter. Pomocí této metody lze získat poznatky, které se týkají následujících aspektů činnosti:

1. kanálů pro získání informace (z jakého zdroje, v jakém množství);

2. charakteristik informace (modality signálů, jejich kódování, změn množství a významu, informační zátěže, poruch, zvláštností vnímání);

3. způsobů řídící činnosti (zvláštností řídících pohybů, jejich směrů, druhu antropometrických a silových charakteristik, periodicity, pracovní polohy);

4. úrovně zátěže, únavy operátora (hodnotí se podle chování operátora, jeho emocionálních reakcí, koncentrace pozornosti na prováděné úkoly);

5. vnějších podmínek činnosti.

Pozorování se uskutečňuje vizuálně a s využitím záznamových prostředků (kamery, magnetofonu). Přítomnost pozorovatele může ovlivnit činnost operátora, proto je třeba tento nežádoucí vliv omezovat. Pozorování činnosti operátora se uskutečňuje buď dlouhodobě, nebo krátkodobě, vý-

běrově. Snížit subjektivní charakter pozorování lze zapojením několika pozorovatelů.

Metoda registrace objektivních ukazatelů činnosti vyžaduje na rozdíl od metody pozorování speciální aparaturu, která přístrojově zaznamenává různé pohyby operátora a s nimi spojené technické parametry činnosti systému a rovněž vybrané fyziologické parametry. Efektivním prostředkem pro získání důležité informace o činnosti operátora je registrace očních pohybů. Ta se uskutečňuje různými přístrojovými metodami (Hoskovec, Štikar, 1979). Současně s registrací pohybů operátora se zaznamenávají některé fyziologické hodnoty (dech, srdeční činnost, elektrická aktivita mozku, svalů, kožně galvanické reakce, krevní tlak aj.). Uvedené hodnoty se sledují synchronně s jinými charakteristikami činnosti operátora a využívají se zejména pro hodnocení jeho zátěže.

Metoda experimentálního výzkumu článků činnosti se liší od dvou předchozích metod tím, že se nesleduje běžná pracovní činnost, ale zadávají se zvláštní experimentální programy činnosti. Tyto programy je možné zadávat v laboratoři, ale též v přirozených podmínkách.

Metoda analýzy chyb operátora umožňuje získat důležitou informaci o složitých situacích, o jejich vlivu na činnost operátora, o jeho vztahu k plnění úkolů. Je třeba zjistit nejen druh chyby, ale i příčiny jejího vzniku a možnosti operátora takovou chybu korigovat a zabránit negativním důsledkům.

Metoda expertizního hodnocení se používá v těch případech, kdy není možné hodnotit ukazatele nebo charakteristiky činnosti operátora pomocí objektivních metod. K takovým expertizním hodnocením jsou zváni zkušení operátoři. Každému se zadá soubor přesně formulovaných otázek, zaměřených ke zjištění názorů o činnosti nebo stavu operátora v daných podmínkách.

Metoda rozhovorů s operátory se používá k zjištění těch aspektů, které nelze zkoumat objektivně pomocí přístrojů. K rozhovorům jsou zváni různí operátoři, zkušení i nezkušení. V rozhovoru se zadávají jednoznačně formulované otázky. Odpovědi na takové otázky lze i statisticky zpracovat. Tuto metodu lze též použít jako doplňkovou ke všem dříve zmíněným metodám.

Analýza činnosti předpokládá její rozčlenění na jednotlivé elementy podle odpovídajících speciálně vybraných kritérií nebo příznaků. V závislosti na stanoveném cíli a hloubce takové analýzy lze začlenění provést více či méně podrobně. Z tohoto hlediska můžeme stanovit dva způsoby popisu činnosti operátora:

1. popis činnosti na úrovni systému;
2. popis činnosti na úrovni jednotlivých operací.

První způsob popisu slouží k objasnění obecných psychologických charakteristik sledované činnosti. Druhý způsob je určen k zobrazení jednotlivých částí této činnosti s vystižením jejich operační struktury a zjištěním psychologického obsahu jednotlivých činností a operací. Tento způsob se používá i k popisu činností operátora při řešení dílčích úkolů.

Popis a analýza činnosti na úrovni systému

K popisu obecných zákonitostí a zvláštností činnosti operátora na úrovni systému lze použít různé metody, např.:

1. metodu *zobrazení souboru funkcí prováděných operátorem* s přihlédnutím k jejich vzájemným vztahům a podmínkám jejich realizace. Tato metoda používá verbálního vyjádření činnosti operátora, jejich vnějších projevů a psychologických procesů s nimi spojených;

2. metodu *vícerozměrného váženého popisu činnosti operátora.* Její podstata spočívá v tom, že v jednom obecném schématu jsou zahrnuty nejpodstatnější činitele a ukazatele charakterizující činnost operátora a vyjádřeny proměnné včetně vah a vztahů;

3. metodu *prostorově organizačního popisu činnosti.* Tato metoda je celkem jednoduchá a snadno použitelná. Vystihuje a analyzuje se vzájemný vztah mezi operátorem a technickými elementy systému pomocí schématu. Vztahy uskutečňující se mezi komponentami systému se zobrazují pomocí šipek ukazujících směr přenosu informace nebo působení. Pomocí různých šipek se kóduje druh a závažnost vztahů, pomocí čísel frekvence vztahů.

Popis a analýza činnosti na úrovni operací

Metody vztahující se k této kategorii se především zakládají na popisu následnosti zpracování informace a pravděpodobnostních vztahů existujících mezi částmi a ukazateli činnosti. Takové popisy jsou především určeny ke zjištění operační struktury jednotlivých etap činnosti operátora nebo jeho jednotlivých úkolů. V těchto popisech se pozornost nevěnuje pouze jednotlivým elementům systému, ale především přechodům těchto elementů z jednoho stavu do druhého a zákonitostem těchto přechodů.

Pro tento popis jsou důležité zejména následující čtyři metody:

1. Metoda *diagramu operačních etap.* Dovoluje získat grafický popis následnosti zpracování informace a činnosti operátora při řešení jednotlivých úkolů řízení. Způsoby zpracování informace a činností operátora se znázorňují na speciálních diagramech formou odpovídajících geometrických tvarů. Spojující čáry mezi geometrickými tvary symbolizují následnost činností a zpracování informace. Podrobněji tuto metodu popisuje Montmollin (1973).

2. Metoda *organizace.* Umožňuje názorně v grafické formě zobrazit všechny logické podmínky, které připadají v úvahu při řešení řídících úkolů v pořadí, v němž se užívají v procesu zpracování informace. V organigramu se hlavně zobrazují logické možnosti hledání řešení v různých etapách. Funkce operátora při řešení řídících úkolů se vyjadřují tak, jak to vyžaduje program činnosti člověka při modelování funkcí na počítači. Oddělená binární schémata v organigramu umožňují hodnotit všechny možné způsoby řešení úkolu. Organigramy dovolují názorně vyjádřit vliv různých činitelů na činnost systému, izolovat různé logické možnosti a výstupy vzniklých situací.

Obě dosud uvedené metody neukazují, jakým způsobem se uskutečňují jednotlivé činnosti a logické operace.

3. Metoda *grafických schémat*. Slouží ke stručnému, schematickému zobrazení jednotlivých charakteristik činnosti člověka v systému řízení, její operačně logické struktury, pravděpodobnostních nebo časových vztahů, činitelů způsobujících chyby apod. Užití grafických schémat má značné možnosti při kvantitativní analýze činnosti.

4. Metoda *algoritmického popisu* operačně logické struktury lidské činnosti se liší od předchozích metod svým zaměřením na analýzu psychologických charakteristik činnosti.

Algoritmus je záznamem určitých činností, postupů či operací. Je zde přesně a jednoznačně určen každý dílčí krok. Typickým znakem každého algoritmu je rozdělení činnosti na jednotlivé prvky, které v přijatém hledisku klasifikace nelze dále dělit. Algoritmy lze zaznamenávat slovně, pomocí symbolů nebo graficky. Lze použít grafický způsob záznamu i ve formě blokových schémat.

Výhody metody algoritmizace lze podle Hladkého, Matouška a Zastávky (in Daniel, 1975) vyjádřit následovně:

1. umožňuje rychlé proniknutí do obsahu pracovní činnosti;
2. nevychází pouze jednostranně z činnosti člověka, ale z chování technického systému, který člověk řídí;
3. algoritmický popis představuje současně strukturální analýzu pracovních úkolů;
4. umožňuje zjišťování situací, k nimž dochází velmi zřídka, a umožňuje popis žádoucí činnosti člověka v těchto situacích;
5. umožňuje rychlé proniknutí do struktury mentální činnosti při provádění pracovních úkolů. Popisem algoritmu je možno vyjádřit, které činnosti jsou algoritmizované nebo algoritmizovatelné a ve kterých se naopak uplatňují heuristické prvky;
6. v případech, kde je to nutné, umožňuje algoritmická metoda výpočet stanovení informačního toku.

Pro bližší seznámení s metodou algoritmizace odkazujeme na práce Křivohlavého (1964), Mateiciuca (1975) a Matouška a Zastávky (1977).

4. KLASIFIKACE SYSTÉMŮ A ČINNOSTÍ OPERÁTORA

Systémy člověk — technické zařízení jsou velmi rozmanité. Odlišují se podle charakteristik jak člověka, tak technického zařízení. Zvláštností systému je, že člověk uskutečňuje dvojí druh vzájemného působení s pracovním předmětem a prostředkem — informační a věcné. K tomu, aby člověk mohl působit na předmět práce a pracovní prostředek, musí vědět, jakých pracovních prostředků má použít, jaké jsou v daný okamžik výsledky jeho působení. Na základě hodnocení informace o průběhu a výsledcích může svou činnost korigovat.

V souvislosti s vědeckotechnickým pokrokem technika i technologie kladou na člověka stále vyšší požadavky. Zvýšení počtu objektů i procesů (i jejich parametrů) řízených člověkem vede ke zvýšení toku informací, které člověk musí přijmout a zpracovat. Rozšíření zóny rychlosti řízených objektů i procesů zvyšuje pracovní zátěž. Rozvoj v oblasti dálkového ovládání vede k tomu, že člověk posuzuje reálné procesy podle údajů na přístrojích. Stále častěji musí pracovat v nepřetržitých i obtížných podmínkách (přetížení, náhlé změny teploty, tlaku apod.).

Existuje množství různých systémů člověk — technické zařízení, jež lze považovat za specifickou třídu systémů. Tyto systémy jsou vícerozměrné. Různé dimenze se mohou stát klasifikačním kritériem. Za kritéria třídění systémů člověk — technické zařízení se např. považují: stupeň mechanizace a automatizace systému, složitost systému, stupeň a povaha zprostředkovanosti řídícího procesu v systému, programovatelnost (determinovanost) řízení, věk systému, životnost systému, vztahy systému k okolí, adaptivita systému, počet operátorů zapojených do řízení, druh řídící činnosti operátorů, povaha řízeného procesu, účel systému a oblast jeho užití, náklady, druh zátěže operátorů. Jako klasifikační kritéria mohou sloužit i některé znaky systému z hlediska inženýrskopsychologického.

Například Lomov (1966) vydělil čtyři skupiny systémů člověk — stroj: 1. otevřený systém člověk — stroj; 2. uzavřený systém člověk — stroj; 3. automatizovaný systém řízení s lidským operátorem; 4. automatizovaný systém řízení s řídícím počítačem a s lidským operátorem.

Panov a Zinčenko (1964) dělí systémy člověk — technické zařízení na determinované (pracující podle předem daného programu řízení) a nedeterminované. U každé z těchto dvou skupin je odlišná funkce operátora. U determinovaných systémů operátor asistuje, vykonává kontrolu, provádí korekce a přípravu. Nedeterminované systémy jsou dvojího druhu. Jsou to jednak systémy, v nichž pouze epizodicky vznikají situace vyžadující rozhodnutí operátora, a jednak systémy, v nichž jednání operátora vyplývá z kontinuitních rozhodovacích úkolů.

Taran (1968, podle Mateiciuca 1975) klasifikuje nedeterminované hrové systémy podle počtu zúčastněných operátorů a podle účasti člověka na fungování systému.

Z hlediska druhu řízeného procesu rozlišuje Krylov (1972) pět typů automatizovaných systémů řízení: 1. automatizované systémy řízení pohybujícího se objektu; 2. automatizované systémy řízení dispečerského typu; 3. automatizované systémy vyhledávání, soustřeďování, zpracování a sledování informací; 4. automatizované systémy řízení energetických soustav; 5. automatizované systémy řízení technologických procesů cyklického typu.

Rozlišování určité operátorské profese a vymezování třídy operátorských profesí nezávisí pouze na velikosti, složitosti a prostorovém rozložení řízeného systému či rozsahu pociťované zodpovědnosti za přesný a spolehlivý chod systému, ale především na druhu operačních prostředků a na obsahu i průběhu řídících činností.

Zinčenko aj. (1974) vytvořili klasifikaci operátorských činností na základě čtyř kritérií: názorového, konceptuálního, strojového a lidské složky. Rozlišují tyto čtyři typy operátorů:

1. operátor technolog provádí řízení podle instrukcí, jež obsahují soubor situací a způsoby jejich řešení. Jsou to např. operátoři u automatických linek;

2. operátor pozorovatel přijímá velké množství informací, které po zpracování používá k různým způsobům rozhodování. Nejsou zdůrazněny řídící dovednosti. Jsou to např. operátoři u radiolokátorů, dispečeři apod.;

3. operátor ve výzkumu používá větší množství informačních modelů. Více využívá kognitivního myšlení a konceptuálních modelů. Prvky ří-

zení nejsou zdůrazněny. Jsou to např. výzkumní pracovníci, kteří používají počítače;

4. operátor vedoucí — ve srovnání s předchozím typem je kladen důraz na vykonávání organizační a vedoucí funkce.

Tato klasifikace vychází z psychologické analýzy. Objektivní zjištění podílu jednotlivých kritérií by podle Hladkého, Matouška, Zeleného a kol. (1979) působilo v praxi značné obtíže. Praktici by spíše přihlíželi k vnějším znakům, což v případě této typologie je dáno charakteristikou výstupu: 1. systémy výrobní; 2. systémy dopravní a komunikační; 3. systémy experimentální a výzkumné. Čtvrtý typ může být v kterémkoli typu předcházejícím.

Existují ovšem i jiné klasifikace, z nich lze pro náš kontext doporučit klasifikaci Matouškovu a Zastávkovu (1977), získanou na základě zkušeností při analýze operátorských činností v různých výrobních odvětvích.

Curry a Gai (1967, podle Kraiss, Moraal, 1976) zdůrazňují význam monitorování pro zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti automatických systémů. Z uvedeného hlediska může být monitorování považováno za zvláštní případ rozhodování: „Pracuje systém správně?“ Obecný přehled tohoto problému ukazuje schéma 6, které znázorňuje, že monitorovací systém umožňuje sledování jak kontinuitních, tak i diskrétních signálů v čase prostřednictvím příslušných sdělovačů. Jako součást systému lze

Schéma 6
Části systému monitorování (Curry, Gai, 1976)



pojmout systém pro detekci poruch, jenž může signalizovat mimořádné situace při splnění určitých kritérií. Zatímco by se zdálo pravděpodobné, že existence detektoru poruch sníží zátěž operátora při monitorování, v praxi se ukazuje, že přítomností detektoru poruch stoupá zátěž operátora, protože detektor sám o sobě je systémem, který může mít poruchu. Poruchový detekční systém, který může signalizovat, i když signalizovat nemá, a nesignalizuje, když signalizovat má, musí být operátorem monitorován. Operátor tudíž musí kontinuitně sledovat možné poruchy.

Úkol operátora při reakci na změny procesu lze rozložit na tři části. Je to detekce poruchy, identifikace poruchy a korektivní akce. Řídící činnost operátora může být toho druhu, kdy pracovník rozděluje svoji pozornost mezi různé grafické nebo alfanumerické displeje a stále komunikuje nové programy s počítačem, který přímo a kontinuitně řídí fyzikální proces. Tak tomu je např. u pilotáže některých letadel nebo

řízení letového provozu, jaderné elektrárny, velkého chemického provozu i při monitorování a reprogramování průmyslových robotů.

Operátor, a tedy i celý systém pracuje (podle Sheridana a Johannsena, 1976) čtyřmi způsoby:

1. Plánování

Může být také prováděno bez použití počítače. Jeho předmětem je spíše anticipace odpovědi na budoucí události než odpovědi na bezprostřední požadavky řízení. Zahrnuje tyto zřetele:

a) které senzory použít a jak převést a sdělit výsledky,

b) které následnosti alternativních odpovědí vyvolají určité změny v procesu,

c) jaká je relativní hodnota těchto změn pro běžný stav procesu.

2. Učení

To představuje požadavek nezbytné a dostatečné specifikace příkazů počítači, aby byl v činnosti automaticky po určitou dobu a aby ho bylo možno zastavit a změnit jeho program za určitých podmínek jeho senzorů.

3. Monitorování

Týká se soustředění pozornosti operátora na sdělovače, aby si byl jist, že okruh procesu a počítače funguje správně, a jestliže ne, aby mohl určit, v čem je porucha. Velmi malá frekvence podnětů může způsobovat nepozornost a naopak příliš velká frekvence má za následek přetížení. Někdy může frekvence mezi extrémy kolísat.

4. Zásah

Zahrnuje přerušení programu, který probíhá na okruhu procesu a počítače a vyžaduje větší či menší přímou interakci mezi operátorem a procesem. Provádí se za podmínek ohrožení nebo při rutinní údržbě či opravách.

5. PŘÍPRAVA OPERÁTORŮ

Praxe vytváření nové techniky a zavádění systémů člověk — technické zařízení nezřídka svědčí o tom, že mnohé systémy a zařízení nezajišťují vysokou efektivitu a spolehlivost proto, že v době jejich dokončení nejsou k dispozici náležitým způsobem připravení pracovníci, kteří by mohli s nimi pracovat.

S cílem zrychlit uvedení systémů do provozu se často k instruktážím používají kvalifikovaní specialisté, kteří se podíleli na přípravě zařízení. Takových pracovníků však není dostatek a ne vždy je dobrý konstruktér systému též dobrým instruktorem. Přípravu operátorů je proto nutné provádět v předstihu.

V souladu s koncepcí analýzy činnosti operátora je třeba rozlišovat potřeby a projektování vnějších i vnitřních prostředků činnosti. Mezi vnější prostředky náleží informační modely odpovídající strojně početnímu vybavení a orgánům řízení. K vnitřním prostředkům činnosti patří stálé a operativní obrazově pojmové modely reálné situace.

K nim se také vztahují systémy dovedností, které si operátor osvojil k uskutečnění orientačních, prováděcích a řídících činností. Projektování a vytváření vnitřních prostředků zahrnuje sestavení programů výcviku jak k provádění činnosti v celku, tak různých úkonů a také program cvičení k vytváření pracovních dovedností.

V současné době neexistují mnohdy příručky o profesionální přípravě operátorů, ale pouze jednotlivá doporučení, která lze shrnout následovně:

1. Příprava probíhá tím úspěšněji, čím všestranněji a hlouběji se realizují obecné pedagogicko-psychologické principy, vyžadující k zabezpečení jednoty výcviku a výchovy založení učebního procesu na základě vědomé a aktivní účasti osob, přístupnosti výkladu učebního materiálu, respektování individuálních zvláštností osob při vytváření učebního procesu a zajištění kontroly nezbytného trvalého osvojení dovedností.

2. Příprava specialistů v současných podmínkách musí zahrnovat ovládnutí nové techniky.

3. Individuální příprava od samého začátku musí sledovat i zabezpečení maximální úrovně souladu celého kolektivu (skupiny, posádky apod.).

Základním cílem přípravy je zabezpečit potřebnou úroveň profesionální přípravy. Přitom úroveň přípravy musí být adekvátní požadavkům systému, které je třeba určit buď kvantitativně, nebo pomocí expertů.

Cíle přípravy je nutno vyjádřit v pojmech vědomostí a dovedností, nezbytných pro práci. Cíle mají být organizovány hierarchicky jak v celém programu přípravy, tak i v každé instrukci uvnitř programu. Měly by zahrnovat výchozí vědomosti a dovednosti a respektovat vztah k dosažené úrovni účastníků výcviku.

Do obsahu přípravy musí být nutně vřazeny poznatky o systému vcelku. Mezi tyto poznatky o systému, v němž bude cvičená osoba pracovat, patří základní poznatky o významu celého systému, organizační struktuře a vztazích podřízenosti a spolupodřízenosti.

Příprava operátorů vyžaduje, aby do obsahu přípravy byly zařazeny takové předměty a otázky, jež by zabezpečovaly vytváření znalostí o procesech charakterizujících technické a lidské komponenty systému člověk — technické zařízení.

Příprava musí v prvé řadě obsahovat základní principy řešení těch úkolů, s nimiž se může operátor později setkat ve své práci. To mu umožní vytvořit si způsoby adaptace na různé situace. Do přípravy operátorů je třeba zahrnout jak způsoby práce v normálních podmínkách, tak i v kritických, extrémních situacích.

Výběr metod přípravy s užitím technických simulačních prostředků je závislý na zvláštnostech konkrétní operátorské činnosti. Při výběru komplexu úloh je třeba uvážit, že značná variabilita podmínek snižuje nejen rychlost, ale i kvalitu výcviku.

Velmi důležité je v začátku výcviku neklást přehnané požadavky na přesnost práce. Je třeba dosáhnout, aby účastník výcviku správně vykonával tu či onu operaci od okamžiku, kdy si zřetelně osvojil pořadí nezbytných úkonů v každé konkrétní situaci. Pak je třeba obrátit pozornost na dosažení potřebné přesnosti při malých rychlostech provádění operací.

Nezávisle na specifice činnosti při organizaci přípravy operátorů

různého typu je třeba zajistit nezbytnou úroveň motivace, rozdělit racionálně komplex úkolů v čase, vytvořit podmínky pro pozitivní přenos dovedností a vyloučit předpoklady vzniku negativního přenosu a interference dovedností. Účastníkovi výcviku je třeba poskytnout ne souhrnné hodnocení jeho práce, ale bezprostřední zpětnou informaci charakterizující proces změn parametrů objektu, který řídí.

Jakýkoli systém přípravy vyžaduje nepřetržitou kontrolu výsledků. Kontrola připravenosti operátora musí vycházet z kontroly výsledků jeho práce a také z kontroly změn jeho psychofyziologických charakteristik. Ke kontrole připravenosti operátora podle výsledků jeho práce se používají dvě metody hodnocení: podle normativních ukazatelů a podle výsledků srovnání algoritmu činnosti kontrolovaného operátora s algoritmem činnosti dobře připraveného operátora v těchže podmínkách.

Aktivity lze dosáhnout vhodnou motivací zahrnující individuální zvláštnosti, zainteresovaností na ovládnutí dané specializace, „emocionálností“ procesu výcviku a soutěživostí.

Při využití simulátorů je vhodnější vytvářet celostní, složitou pracovní dovednost. Jestliže simulátor dobře rozvíjí automatizaci částečné pracovní dovednosti, pak může být užitečný i při rozvoji složitějších dovedností. Určitá schematizace a zjednodušení podmínek výcviku jsou užitečné pro první etapy vytváření dovedností.

Část činnosti vyčleněná pro samostatné cvičení se musí skládat z úkonů, jež jsou ve své psychologické struktuře identické s úkony v reálné pracovní činnosti. Složitou činnost lze rozdělit na jednotlivé úkony nebo skupiny úkonů pro oddělený výcvik.

Rychlost a kvalita procesu výcviku je určena správností výběru komplexu úkolů a jejich následností v procesu výcviku, efektivností řízení procesu výcviku a efektivností kontroly činnosti. Vedoucí výcviku musí řídit proces výcviku pomocí série „strategických a taktických“ řešení, která zahrnují: učební plán (co si má účastník výcviku osvojit), motivaci (proč se má vycvičit) a programování (jak se má cvičit).

Základem procesu výcviku dovedností jsou systematická cvičení. Od prostého opakování se liší úsilím účastníka výcviku zlepšit kvalitu prováděné činnosti, sebekontrolou a přehledem výsledků dosažených v předchozích etapách, zvyšováním složitosti v závislosti na výsledcích a rozdělením cvičení v čase, neboť nejlepší podmínky k upevnění dovedností jsou závislé na určité velikosti časového intervalu.

V. Ukazatele práce a zátěže operátora

1. ZATÍŽENÍ V TECHNICKÝCH SYSTÉMECH A ZÁTĚŽ OPERÁTORA

Rozvoj techniky v některých případech vede ke zvýšení psychické zátěže člověka. S tím souvisí i nutnost prohloubení a rozšíření výzkumu pracovních podmínek, jež bývají označovány jako zátěžové. Zátěž organismu je výsledkem působení řady činitelů. Z hlediska změn v činnosti jsou často oddělovány různé aspekty zátěže, ačkoli jeden má zpravidla dominantní kauzální vliv (Matoušek, Štikar, 1966).

V technice je zatížení definováno jako akce jedné nebo více sil působících na nějaké těleso nebo konstrukci nebo též jako síla či napětí, jimiž je těleso nebo konstrukce zatížena. To znamená, že zatížením materiálu či technického systému se všeobecně označuje takový děj, při němž na materiál nebo na technický systém působí vnější síla, která určitým způsobem ovlivňuje jeho strukturu nebo funkci. Vzrůstající stupeň zatížení vede ke kritické hranici, jejíž překročení má většinou za následek změny ve struktuře materiálu, ve zhoršené funkci, případně v důsledcích obojího typu. Kritická hranice je dána výkonností technického systému, tj. jeho předpokládanými vlastnostmi, a je určena materiálově či konstrukčně podmíněnou konstantou, která je měřitelná. V oblasti techniky je rozlišováno jednak zatížení statické (tj. z hlediska času neproměnné) a zatížení dynamické (tj. působící v časových intervalech), jednak zatížení stálé a nahodilé.

Technika tedy při vymezování pojmu zatížení vychází z výkonnosti systému, jež je určena jeho vlastnostmi či funkcemi. Překročení kritických hodnot vnějšího působení vede k destrukci nebo malfunkci materiálu či technického systému, což je označováno jako přetížení. Logicky z této definice vyplývá, že o zatížení můžeme hovořit i v tom pásmu vnějšího působení na materiál nebo zařízení, kdy k selhání nedochází. Klíčovým pojmem je tu výkonnost (kapacita) jakožto soubor vlastností či funkcí ve vztahu k předpokládanému cíli, úloze a chování systému.

Podle Hladkého a Matouška (1970) je tedy zatížení (zátěž) možno chápat jako porušení rovnováhy mezi vnitřním stavem systému a jeho vnějším okolím (prostředím), jež lze označit jako systém vnější. Zatěžovaný systém může být chápán jako podsystém dalšího systému. Stupeň zatížení (zátěže) je dán především intenzitou působení vnějších vlivů

(vnějšího systému) a vlastnostmi (tj. výkonností či kapacitou) systému zatěžovaného.

Položme si nyní otázku, zda vymezení pojmu zatížení (zátěž) tak, jak se s ním setkáváme u systémů technických, lze aplikovat i u systémů biologických.

V angličtině se používá pojmu „stress" který má různé sémantické významy, jako např. úraz, přízvuk, tíseň, nesnáz, tlak atd., nebo pojmu „load" (břímě, náklad), ať již ve smyslu fyzikálním či biologickém. V ruštině odpovídá anglickému „stress" tentýž výraz nebo „naprjaženije" a anglickému „load" „nagruzka" nebo „peregruzka". V německé literatuře se nejčastěji setkáváme s pojmem „Beanspruchung", „Belastung", „Anspannung" atd.

Pojem zátěž se užívá v trojím smyslu: jako prožitek, jako reakce a jako podnět. Je nepochybné, že pro úplné poznání fenomenu zátěže je třeba přihlížet ke všem těmto aspektům. Biologické disciplíny na rozdíl od fyzikálních však musí počítat s intraindividuální a interindividuální variabilitou, a tudíž je zajímá více odpověď organismu než povaha podnětu.

Můžeme tedy na otázku, zda lze použít analogie technického pojetí zatížení (zátěže) též ve sféře biologické, odpovědět kladně. Jinými slovy: existují-li společné znaky a vlastnosti mezi systémy technickými a biologickými, pak koncepce zátěže v technice jakožto „porušení rovnováhy mezi vnitřním stavem systému a jeho vnějším okolím (prostředím)" může sloužit jako východisko i pro systémy biologické. Biologické systémy jsou však soustavami otevřenými, adaptivními, které na porušení rovnováhy reagují a na rozdíl od technických systémů je jejich reaktibilita a adaptivita mnohem variabilnější. Technické systémy mají předem vymezený cíl a možnosti přizpůsobení ke změněným podmínkám jsou omezené. Cíle, jež si člověk klade a o jejichž dosažení prostřednictvím činnosti usiluje, mohou mít nejrůznější povahu a jsou více či méně uskutečňovány v dynamicky se měnících podmínkách. V tom je podle názoru Hladkého a Matouška (1970) jeden z nejdůležitějších rozdílů mezi biologickými a technickými systémy. Proto do vymezení pojmu zátěže u biologických systémů je nutno zahrnout varietu možných reakcí organismu na dynamiku podmínek. Vzhledem ke složité povaze dějů, k nimž při jakékoli činnosti organismu dochází, je pak třeba zátěž chápat široce jako homeostatický proces, přičemž k porušení rovnovážného stavu může docházet působením exogenních i endogenních činitelů.

Při hodnocení zátěže je podle Hladkého a Matouška (1970) nutno popsat tři kategorie jevů: 1. požadavky kladené na činnost (současně i podmínky, za nichž je činnost realizována); 2. chování individua při činnosti, jež se projevuje ve vnější (objektivní) i ve vnitřní (prožitkové) sféře; 3. nároky, jež kladou tyto požadavky a podmínky na vlastnosti operátora.

Zátěž tedy vzniká v důsledku nesouladu mezi požadavky a podmínkami na jedné straně a vlastnostmi a stavem operátora na straně druhé. Je to jev, který se týká vždy určitého jedince, zatímco požadavky, podmínky a nároky lze charakterizovat obecně. V tomto smyslu má zátěž značnou interindividuální, ale i intraindividuální variabilitu, neboť reakce

jednotlivce je vždy odpovědí na požadavky a podmínky, odpovědí, která je vázána na jeho činnostní kapacitu a připravenost.

2. ČASOVÉ CHARAKTERISTIKY ČINNOSTI OPERÁTORA A SYSTÉMU

Rychlost je podstatnou charakteristikou značného počtu prací. Při některých pracích se může zvýšit obtížnost, protože musí být vykonávány rychle. Mnoho psychologických otázek rozboru pracovní činnosti vyžaduje v přístupu i předběžnou analýzu rychlosti.

Problém realizace činností operátora (pohybová složka) je značně složitý. I zde je již soustředěno množství poznatků, ať již se jedná o následnost změn, nebo o význam propriocepce a zrakových vjemů pro přesnost pohybů aj. Faktory pohybu mohou být ovlivněny směrem, vzdáleností a trváním. Tak bylo např. zjištěno, že poziční pohyby jsou nejrychlejší zprava doleva, že rychlost pohybů je největší, když úhly nepřesahují 30° od osy.

Pravou rukou vykonává operátor v průměru pohyby rychleji. Při hodnocení pohybové zátěže je třeba rozlišovat poziční, opakované, kontinuitní a sériové pohyby.

Podle našeho názoru pro úspěšné řízení výrobních procesů, které předpokládá podrobnou znalost aktuálního průběhu jednotlivých složek technologického procesu, má rychlost příjmu informací značnou úlohu. Operátor tyto znalosti získává pomocí signalizace.

Technický pokrok vede k tomu, že v podmínkách centrálního řízení prostřednictvím rozvětvených systémů se činnosti operátora stávají složitějšími. Vzrůstá počet variant možných řešení při každém spojení údajů situace. Výběr optimálního řešení se stává obtížnějším. Vzrůstající složitost technologií, zvýšení rychlosti výrobních procesů, zvýšení počtu řídících prostředků a s tím spojené zvýšení rychlosti rozhodování vyvolává situace, které operátor musí řešit v podmínkách velké časové tísně. Z tohoto aspektu je důležitá i skutečnost, že pracovní metody operátorů z hlediska rychlosti variují od subjektu k subjektu.

Otázkám přílišné rychlosti, vedoucí k časové tísni, byla věnována řada prací. Rychlost není chápána jako vnější element činnosti. Může ovlivňovat různé stránky pracovní činnosti. Ze zkušenosti je např. známo, kolik pracovních úrazů bylo způsobeno zvýšením rychlosti korelujícím se zanedbáním dostatečné opatrnosti, tj. rozporem mezi rychlostí a přesností. Tendence subjektu dělat více chyb z důvodů rychlejšího reagování nebo pomalost z důvodu vyloučení omylů je funkcí duševních procesů člověka.

S přírůstkem variant rozhodování pochopitelně narůstá čas (snižuje se rychlost) a vzniká zatěžování, není-li možno dobu rozhodování prodloužit. Negativní vliv na nervový systém má zvláště zátěž během dlouhého období při opakované práci.

V porovnání s pokrokem elektroniky, která dovoluje sestrojit stroje schopné řešit úkoly s velkou rychlostí a přesností, je tomu jinak u nervového systému člověka, kde je podstatný protiklad mezi rychlostí a přesností. Toto tvrzení není vyvráceno tím, že v některých případech zvýšení rychlosti nemělo za důsledek přírůstek chyb. Šlo zřejmě o zvý-

šení rychlosti nepříliš významné. Je vhodné, když je určitý systém signalizace spojen s určitým systémem odpovědi. Ze zkušenosti je známo, že u jedince existuje tendence spojovat jeden typ signalizace s určitým typem odpovědi. Tato tendence bývá označována jako stereotyp. Respektování tohoto stereotypu má význam pro zlepšení práce a je jedním z činitelů uspokojení požadavků na rychlost.

Automatizované operace, na něž se kladou vyšší požadavky rychlosti, jsou pod kontrolou proprioceptivní percepce. Tento druh kontroly může být často adaptován na exteroceptivní percepci. Záměna se provádí velmi rychle. Rovněž reciproční uspořádání časové struktury signálů a odpovědí je hlavním činitelem rychlosti.

„Časování" či časová organizace práce umožňuje subjektu reagovat ve správný okamžik za nejlepších podmínek.

Činnost může být charakterizována zejména rychlostí, přesností a úsilím. Psychologickým výzkumem byly získány některé základní poznatky, důležité pro přijímání informací, rozhodování a realizaci činností operátora.

Jako příklad uvádíme zjištění délky reakčních dob. Jednoduchá reakční doba trvá pro sluchový signál 0,12—0,14 sekundy, a pro zrakový signál 0,15—0,18 sekundy. Průměrná reakční doba komplexní (disjunktivní) při působení více podnětů má již jiné hodnoty. Uvádíme je v tabulce 7.

Tabulka 7

Průměrný reakční čas za různých podmínek (v sekundách)

	Počet podnětů	
	2	3
sluchový podnět	0,27	0,36
zrakový podnět	0,48	0,49

Doba potřebná k analýze a volbě je hlavní složkou v reakční době, což je doba mezi počátkem podnětu a příslušnou reakcí (pohybem). Tento čas roste jako logaritmická funkce počtu jednotlivých „voleb" nebo různých alternativ pohybů, které operátor musí udržovat v pohotovosti, když očekává signál. Podrobněji o Hick-Hymanově zákonu, který vyjadřuje, že člověk má omezenou kapacitu a i v daném čase je schopen převést jen omezené a konstantní množství informací, viz Křivohlavý (1978). Hodnoty uvedené v tabulce nejsou typické pro praxi, protože tam přistupuje ještě řada faktorů prodlužujících reakční dobu.

Při činnosti operátora se zpravidla neobjevují ojedinělé signály, ale častěji jde o sukcesívní výskyt. Při intervalu menším než 0,1 s mezi signály je nutno je považovat za jeden signál. Při intervalu 0,1—0,5 s druhá odpověď vyžaduje více času než první. Je-li interval větší než 0,5 s, není zdůrazňována refraktorní perioda.

Působí-li faktory vztahující se k rychlosti práce delší dobu, mohou vyvolat velmi různé subjektivní stavy operátora. Jestliže práce je:

1. velmi rychlá, operátor vykazuje známky napětí a námahy;
2. pomalejší, blížící se optimální zóně, nedochází k napětí a objevuje se zájem operátora;
3. značně pomalá, může se objevit neochota vykonávat úkoly spolu s pocity nudy;
4. nejpomalejší, podmínky pro operátora jsou snesitelnější, neboť většinu času může vykonávat něco jiného.

Urychlování toku informací o důsledcích ovládacích zásahů operátora může přispět ke zvýšení přesnosti výkonu systému. Bylo to zjištěno porovnáváním výkonu při sledování podnětů za tří různých úrovní urychlování informací (částečné, plné, nadměrné). Člověk může převést, tzn. platně použít, jen omezené množství informací v daném časovém intervalu. Kdykoli požadavky práce budou takové, že dodané informace přesáhnou informační kapacitu, musíme očekávat změny způsobu práce, které mohou vést k častějším chybám v činnosti operátora. Můžeme tedy přijmout hypotézu, že chybný úkon může být v těchto případech důsledkem přijetí neúplné informace. Bylo zjištěno, že maximální průměrná kapacita informačního převodu při použití barev je 10,44 bitů, při použití číslic 14,94 bitů a při použití symbolů (číslice i barvy) 18,64 bitů.

Signály s malou frekvencí výskytu

Signály přinášející značnou informaci vyžadují také delších dob k odpovědi než signály s větší frekvencí, přinášející menší informaci. Bylo ověřeno, že reakční doby se dobře shodují s lineární funkcí informačního množství ($RD = a + bh$, kde RD = reakční doba, h = průměrné množství vysílané informace, a, b = konstanty). Reakční doby zjištěné u řídkých signálů jsou daleko delší než u signálů s větší frekvencí.

Studium selhání vede k rozboru četnosti signálů nebo situací, které jsou jejich příčinou. V případech řídkých signálů míra bezpečnosti při práci bude záležet v zesílení percepční přípravy tím, že se pro operátora zvýší pravděpodobnost kritické situace. Je třeba zmenšit na minimum hodnotu překvapení z okolí. Tohoto cíle lze často dosáhnout použitím přípravných signálů jiné povahy, než jsou signály kritické.

Signály s velkou frekvencí výskytu

Jestliže operátor vykonává dlouhou sérii rychlých odpovědí na signály, dochází v některých okamžicích k odpovědím dvojnásobně opožděným v porovnání s průměrem ostatních odpovědí. Tyto odpovědi vyjadřují okamžitou neschopnost operátora odpovědět na signál neboli „blokování“ jeho reakce a jsou často provázeny chybami. Blokování bývá považováno za důsledek změn pozornosti. S prodloužením úlohy mění operátor informační kanál během krátkých okamžiků (aby poslouchal nebo pozoroval signály z okolí bez vztahu k práci) nebo, což je totéž, přijímal čas od času informaci z jiného zdroje. Během těchto intervalů hlavní signál není vnímán, což může být vysvětlením opoždění v odpovědi.

Má-li být vykonána práce pod určitou zátěží zvýšenou rychlostí při

diferenci mezi signalizačními systémy a odpověďmi, pak operátor nemůže dlouho podávat vysoký výkon. Objevují se chyby a zpoždění. Nutíme-li operátora, aby pracoval v rychlém tempu, přetváříme vlastně povahu úkolu a charakter odpovědí.

Značnou úlohu hraje emocionální stabilita v pracích poznamenaných spěchem. Jestliže je spěch přiměřený, může mít stimulující účinek, příliš velký spěch vede k velkým změnám v činnosti, popř. k její úplné dezorganizaci. Tento jev je označován jako „druhotná zátěž". Z hlediska úrazové prevence je nutné respektování požadavku nejvhodnějšího rytmu signálů podle možností jedince. Mnozí autoři také upozornili na faktor, který hraje důležitou úlohu tím, že zesiluje účin rychlosti — faktor složitosti. V pokusech bylo použito dvojího zařízení, jednoho s maximální shodou mezi systémy signalizace a odpovědi, druhého se shodou menší. Výsledky na prvním zařízení byly lepší, v souladu se zákonem Yerkes-Dodsonovým, podle něhož zvýšení motivace může zlepšit účinnost chování při práci během snadného úkolu, ale může úplně dezorganizovat chování při práci v úkolu nesnadném.

Různé studie skoro bez výjimky ukazují, že četnost zachycených signálů vzrůstá s frekvencí signálů, jež mají být zachyceny. Tyto výsledky platí v případech, kdy rytmus prezentace je nezávislý na subjektu, i v těch úkolech, kde rytmus na něm závisí. Funkce závislosti frekvence zachycení signálů na jejich počtu není vyjádřitelná jednoduchým způsobem. Z dostupných dat lze odvodit hypotézu, podle níž při velmi malé hustotě signálu (řádu deseti za hodinu) hraje variace malou úlohu. V následující zóně, kdy počet přicházejících signálů je největší, frekvence detekcí neprobíhá jednotně, v některých případech se snižuje. K zpřesnění této hypotézy je třeba provést rozbor v úlohách stejného typu. Záleží na druhu stimulace, disperzi podnětů, technice odpovědi apod.

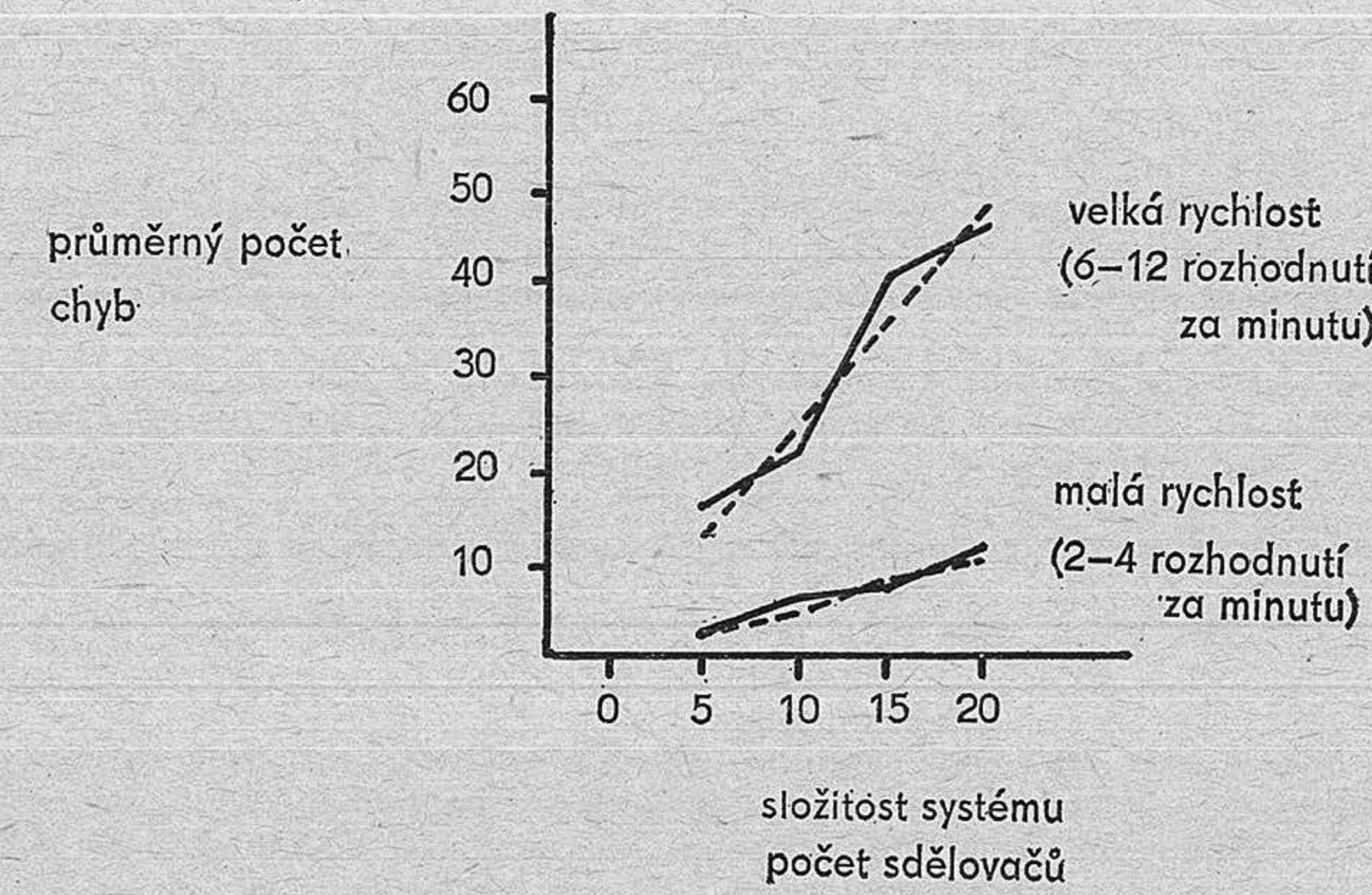
V řadě úloh dozorčích a kontrolních se počet zachycených signálů snižuje s trváním úlohy. K tomuto sestupu dochází často v první půlhodině a pak nastává stabilizace.

Obrázek 12 ukazuje, jak průměr počtu chyb vzrůstá s narůstajícím počtem rozhodnutí, vyžadovaných během jedné minuty. Počet chyb je závislý rovněž na počtu podnětů a složitosti systému. Při stejné rychlosti rozhodování je různý počet chyb v systému složitém (15—20 sdělovačů) a v systému jednoduchém (5—10 sdělovačů).

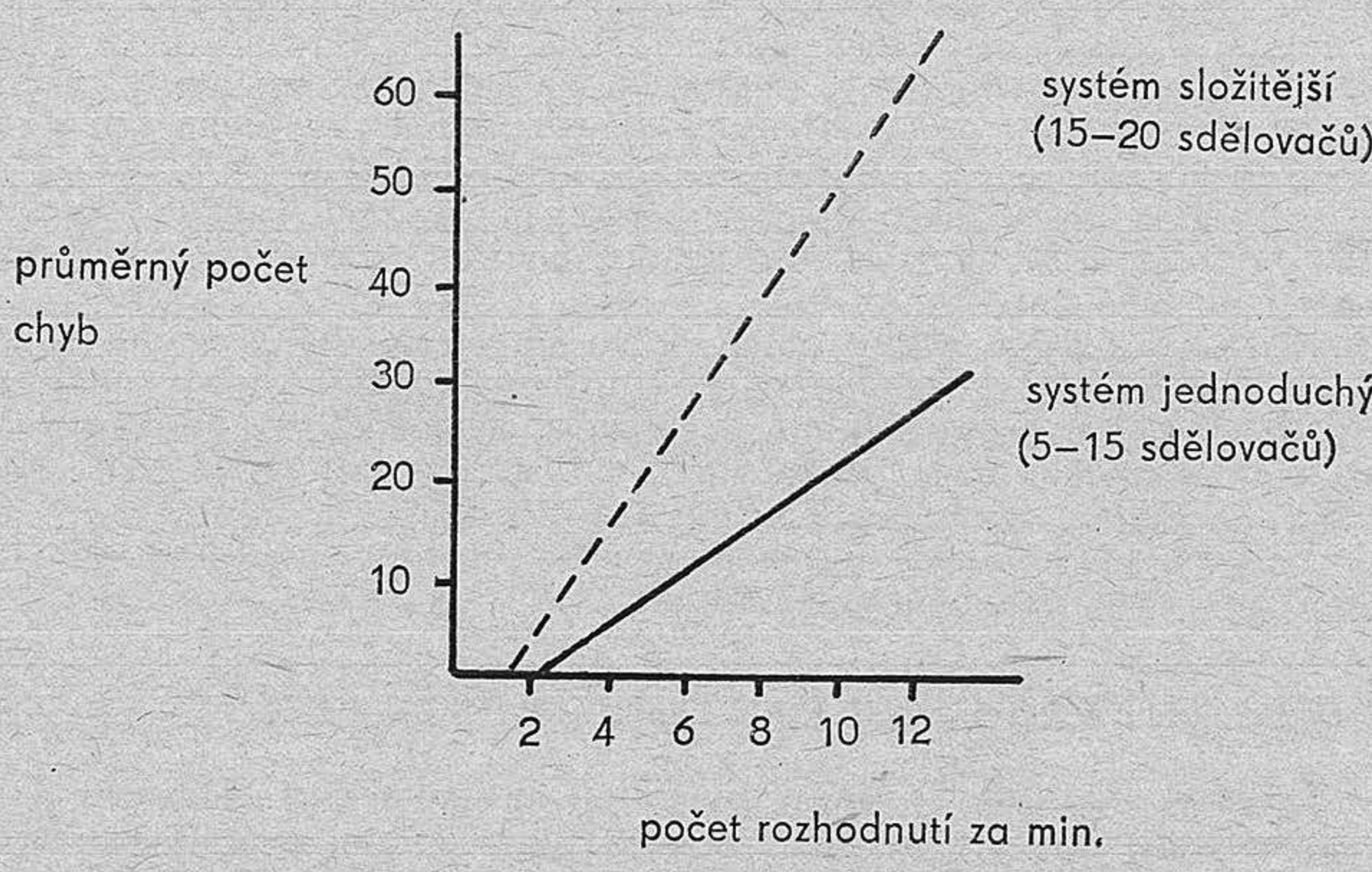
Z obrázku 13 je zřejmý mnohem prudší vzestup chyb při velkých rychlostech (6—12 rozhodnutí za minutu).

3. SPOLEHLIVOST OPERÁTORA A SYSTÉMU

Aby operátor splnil úkoly, které jsou na něho kladeny, je třeba, aby jeho činnost vyhovovala stanoveným požadavkům nejenom z hlediska časového, ale také přesnosti. Přesnost práce operátora je ukazatelem shody jeho činnosti se zadaným programem. V inženýrské psychologii má charakteristika přesnosti ještě další funkci. Užívá se také jako prostředek výzkumu psychické činnosti operátora. Přesnost práce může být také ukazatelem individuálních rozdílů mezi operátory, indikátorem jejich psychických a fyzických stavů a ukazatelem vlivu různých vnějších činitelů (včetně technických) na jejich činnost.



Obr. 12 Vliv zvýšení rychlosti na přesnost požadovaných rozhodnutí (hodnoty zjištěné ————, hodnoty vypočtené — — — — —)



Obr. 13 Vliv zvýšení složitosti systémů a rychlosti na přesnost požadovaných rozhodnutí

Přesáhne-li nepřesnost v práci operátora stanovenou mez, je narušena normální činnost systému a klasifikuje se jako chyba operátora. Dosáhnou-li nepřesnosti v práci operátora takového stupně, že operátor dále nemůže plnit své funkce, nebo přesáhnou-li ukazatele jeho činnosti hranici nezbytnou k dostižení cíle, mluvíme o selhání operátora.

Přesnost systému odpovídá přesnosti jeho částí. Např. výslednou přesnost udržování rychlosti automobilu zajišťují: přesnost tachometru, přesnost řidiče a přesnost zařízení regulujícího rychlost. Tyto faktory se liší fyzikálně. Nepřesnost vzniklá v jedné části systému může být zeslabena nebo zesílena v jiných částech systému.

Situace, v nichž jsou kladeny buď vysoké, nebo příliš nízké požadavky na přesnost, vyvolávají u operátorů stavy psychické zátěže. Vysoké nároky na přesnost mohou být podmíněny značnými požadavky technickými ve vztahu k řešení úkolů.

Správné provedení činnosti závisí na celé řadě úkonů, stavů a skutečností. Jednotlivé prvky, ze kterých se každá kritická činnost skládá, lze označit jako kritické elementy činnosti. Výše uvedené pojmy lze objasnit na příkladě.

Člověk — operátor má za úkol regulovat tlak a teplotu páry v parním kotli. O stavu stroje — kotle je informován sdělovači (teploměrem, tlakoměrem), kotel je ovládán ovládači (přepínačem, pákou otevírající ventily).

V případě, že operátor včas nezvýší teplotu a tlak páry, způsobí výpadek jiného provozu. V případě přehřátí a přetlaku může dojít k výbuchu kotle. Činnost operátora spočívá ve sledování teploměru a tlakoměru a v manipulaci s přepínačem topení a ventilem na vypouštění páry. Účelem je udržet tlak a teplotu páry v optimálním stavu. Je nesporné, že se jedná o kritickou činnost. Uveďme konkrétně některé kritické elementy této činnosti:

1. operátor přehlédne nepřípustnou hodnotu na teploměru,
2. vypustí předčasně velké množství páry,
3. v kotli náhle vzroste prudce tlak a operátor nestačí včas zasáhnout,
4. dojde k „zaseknutí“ tlakoměru,
5. dojde k výpadku elektrického proudu,
6. dojde k výbuchu kotle, přestože parametry nepřekročily přípustnou mez.

Obecně lze rozdělit kritické elementy činností do čtyř kategorií (podle Čermáka, 1974):

I. Kategorie psychologická, která obsahuje psychologické prvky, jako je pozornost, paměť, jistota, spolehlivost, duševní stav atd. Do této kategorie můžeme zařadit elementy uvedené pod bodem 1 a 2.

II. Kategorie technická vnitřní, kam spadají inženýrskopsychologické prvky, především uspořádání ovládačů a sdělovačů a dále jejich technická kvalita a spolehlivost. Sem lze zařadit body 3 a 4. Do této kategorie lze zařadit i tzv. kritické momenty, což jsou časové úseky, v nichž se nahromadí větší množství úkonů.

III. Kategorie technická vnější. Elementy této kategorie tvoří komplex dějů, o nichž víme, že jsou kritické. V našem případě sem patří bod 5. Do této kategorie však budou spíše patřit takové činnosti a stavy pro operátora obtížné, které vyžadují velké soustředění, námahu atd. (např. dodržování najížděcích teplotních trendů při najíždění kotle). Prvky patřící do této kategorie se někdy nazývají kritické situace.

IV. Kategorie náhodných poruch. Do této kategorie spadají kritické elementy, jež způsobí poruchy i při správném provedení. Vysvětlení je velice obtížné, někdy nezjistíme pravou příčinu poruchy (viz bod 6).

Rozdělení do kategorií není bezesporné, v mnoha případech neurčíme přesně, do jaké kategorie prvek spadá. Pro další práci, např. při modelování kritických elementů činností, je však takové rozdělení velice účelné. Při určování kategorií je třeba vyvarovat se lákavého zařazování do IV. kategorie. Tam by měly být skutečně pouze výjimečné případy.

Jako nejpodstatnější se ukazují kritické elementy, jež patří do psychologické kategorie. V ideálním modelu můžeme všechny ostatní elementy vyloučit a považovat stroj s jeho sdělovači a ovládači za absolutně dokonalý a bezporuchový. Ovšem poruchovost, a tím možnost výskytu kritických elementů z kategorie II. III. a IV. klade větší nároky na psychickou způsobilost operátora. Je třeba si uvědomit, že i nejspolehlivější operátor může na základě zkreslených informací provést činnost nesprávně a naopak nespolehlivý operátor způsobí nehodu, i když sdělovače a ovládače stroje pracovaly spolehlivě.

Důležitá je klasifikace technických poruch, kterou uvádíme podle Calabra (1965).

Poruchy zpravidla dělíme na náhlé a postupné nebo vzniklé opotřebením. Podle jiného hlediska rozlišujeme poruchy nezávislé a závislé.

Náhlé poruchy způsobují neočekávané přerušení činnosti normálně pracujícího systému. Příkladem může být přetavení pojistky nebo náhodné „přepálení" drátového odporu, ke kterému došlo po několika stech provozních hodinách. Tento typ poruchy je zpravidla náhodný a takovou poruchu nemůžeme předvídat. Známe-li však intenzitu poruch, můžeme určit s jistou pravděpodobností, ke kolika náhlým poruchám v daném časovém rozmezí dojde.

Postupné poruchy jsou způsobeny časovými změnami některých parametrů výrobků, např. poklesem strmosti elektronky se zmenší výstupní výkon. Změna odporu se může projevit nadměrným zkreslením zesilovače. Poruchy tohoto typu můžeme zpravidla předem zjistit vhodnou zkušební metodou. Toleranční zkoušky jsou jednou z těchto metod. Podle těchto zkoušek můžeme stanovit účinný postup preventivní údržby, kterým zamezíme výskyt postupných poruch.

Poruchy způsobené opotřebením můžeme předpovídat podle známého stupně opotřebení, a můžeme jim tedy předcházet přiměřenou preventivní údržbou. Zjistíme-li např. přílišné opotřebení kartáčků u elektrického motoru, vyměníme je při preventivní prohlídce a tak předejdeme vzniku poruchy.

Nezávislá porucha může být jak náhlá, tak i postupná, nebo vzniká opotřebením. Nazýváme ji nezávislou proto, že její výskyt není důsledkem jiných poruch.

Závislá porucha se vyskytne jako následek nějaké prvotní, nezávislé poruchy. Představme si např., že se poškodí pneumatika u rychle jedoucího automobilu a následkem toho se deformuje okraj disku; zkřivení disku zde považujeme za závislou poruchu. Jiným příkladem může být zkrat odporu v obvodu elektronky, který má za následek její nadměrné přetížení.

Nikiforov (1970, 1977) používá místo termínu porucha termín selhání. Selháním by se však, podle našeho názoru, měla chápat plná nebo částečná ztráta lidské pracovní způsobilosti.

V souvislosti s terminologií spolehlivosti výkonu uvádí Nikiforov (1970) ještě termín efektivnost systému. Je daleko širší ve srovnání s vy-

mezením spolehlivosti. Efektivnost operátora je vyjádřena množstvím operací za jednotku času při daných pracovních podmínkách v určitém časovém okamžiku. Franus (1975, 1977) rovněž chápe spolehlivost operátora ve shodě s Lomovem jako vlastnost plnit uložené úkoly v průběhu stanovené doby v daných pracovních podmínkách.

Technická teorie spolehlivosti disponuje v současné době vlastním matematickým aparátem, opřeným o teorii pravděpodobnosti, matematickou statistiku, operační výzkum a systémovou analýzu. Na základě těchto poznatků a metod mohou projektanti a inženýři hodnotit *spolehlivost technického zařízení* ve stadiu projektování a konstrukce a předvídat s předem známou pravděpodobností i jeho spolehlivost v budoucnosti (Bureš, 1980).

Spolehlivost výrobku bývá obecně definována jako schopnost zachovat své vlastnosti v daných mezích po potřebnou dobu a v daných provozních podmínkách, popř. plnit svou funkci určeným způsobem.

Spolehlivost zařízení je pak možno charakterizovat konkrétněji jako jeho schopnost zachovávat své funkční vlastnosti v rozmezí daných odchylek jakostních ukazatelů, při určených provozních podmínkách (klimatu, obsluhy, napájení), po dobu požadované životnosti výrobku, s rozsahem provozních poruch nepřevyšujících únosnou mez.

Spolehlivost v praxi ověřujeme hromadným nebo dlouhodobým pozorováním a hodnocením v provozu a vyjadřujeme ji statisticky.

Pozorujeme-li určitou množinu výrobků v jejich provozu po dobu jejich životnosti, zjistíme určité charakteristické zákonitosti, které můžeme vyjádřit podle obr. 14, přičemž předpokládáme definované a stálé provozní podmínky.

Je-li v čase $T = O$ nasazeno do provozu N výrobků a budou-li z provozu postupně vyřazovány ty výrobky, u nichž se vyskytne porucha, pak počet bezporuchových výrobků zůstávajících v provozu se bude postupně snižovat podle křivky $R(t)$ (obr. 14), kterou nazýváme křivkou bezporuchovosti. Je-li počet bezporuchových výrobků v čase t roven $n\ (t)$, lze definovat bezporuchovost:

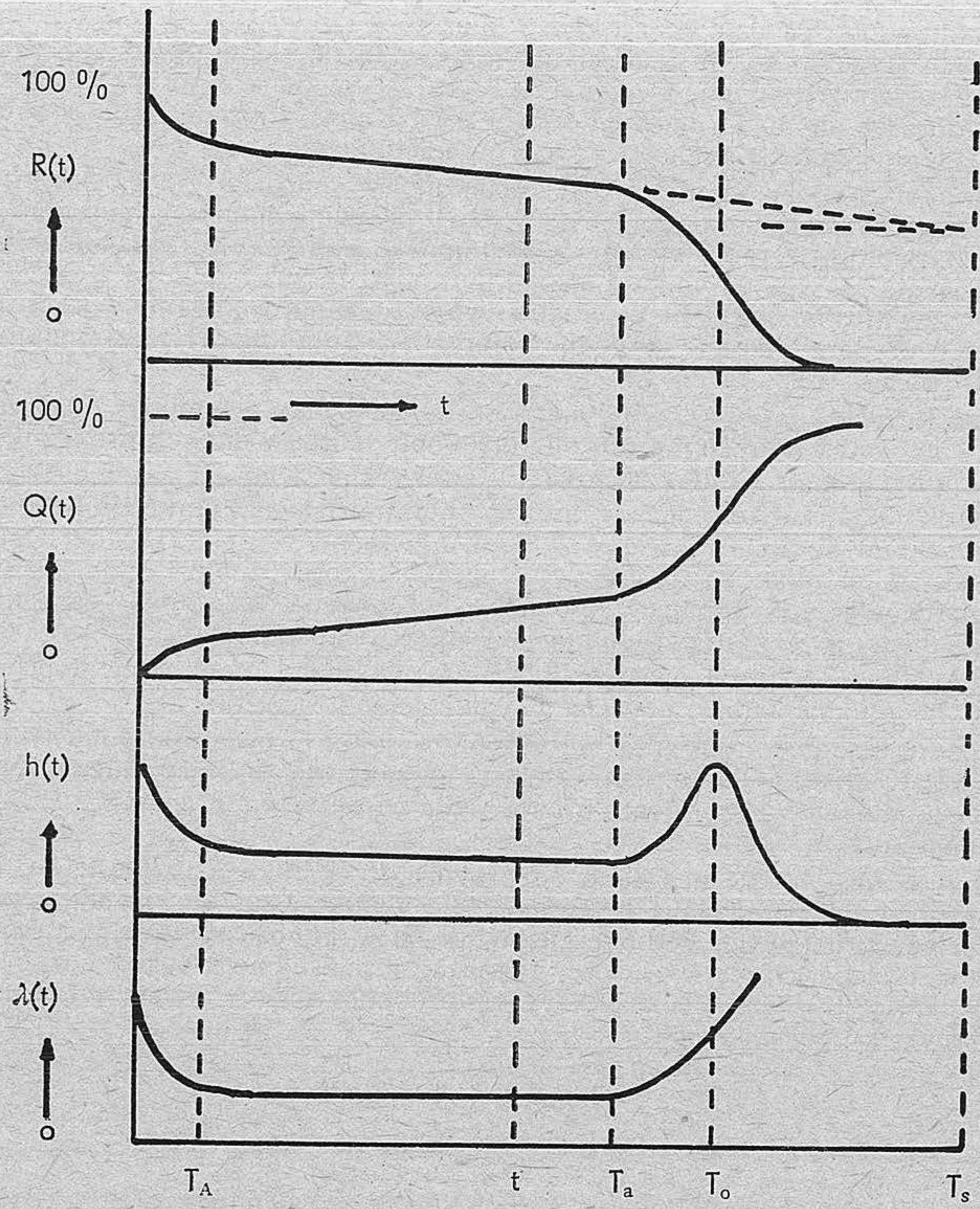
$$R\ (t) = \frac{n\ (t)}{N}$$

Počet výrobků vyřazených pro poruchu bude pak stoupat podle křivky poruchovosti $Q(t)$, přičemž bude platit vzorec, kde $m\ (t)$ je počet vyřazených výrobků v čase t:

$$Q\ (t) = \frac{N - n\ (t)}{N} = \frac{m\ (t)}{N}$$

Derivací této křivky poruchovosti podle času získáme křivku hustoty poruchy $h\ (t)$:

$$h\ (t) = \frac{1}{N}\ \frac{d\ m\ (t)}{dt} \equiv \frac{d\ Q\ (t)}{dt}$$



Obr. 14 Základní funkce spolehlivosti

Vyjádříme-li tuto hustotu poruch v poměru k počtu výrobků *NR (t)*, které jsou v daném období v provozu, nazýváme ji intenzitou poruch λ *(t)*. Platí pak vztah:

$$\lambda(t) = \frac{1}{NR(t)} \frac{dm(t)}{dt} = \frac{h(t)}{R(t)}$$

Charakteristický průběh intenzity poruch λ *(t)*, znázorněný na obr. 14, ukazuje tři charakteristické časové úseky poruchovosti výrobku.

V prvním časovém úseku, v intervalu od $t = 0$ do $t = T_A$, je intenzita poruch značná, následkem skrytých vad z výroby. V tomto úseku tedy nejde povětšině o poruchy náhodné, tj. takové, jejichž příčiny by nebyly zjistitelné. Naopak, zjišťování příčin poruch v tomto období je nejen možné, ale i velmi prospěšné, neboť zpravidla ukazuje na možnosti zlepšení výrobní technologie, případně na odstranitelné technologické závady.

Ve druhém časovém úseku, v intervalu od T_A do T_B je intenzita poruch λ zhruba konstantní a poruchy mají charakter náhodný, s obtížně sledovatelnými příčinami. Pro tento časový úsek tedy platí exponenciální zákon:

$$R(t) = e^{-\lambda t},$$

přičemž převrácená hodnota $1/\lambda = T_S$ je tzv. střední pravděpodobná doba bezporuchového provozu výrobku. Tato doba bývá zpravidla delší než časové úseky $T_B - T_A$ a také delší než střední životnost výrobku T_0 definovaná dále. Druhý časový úsek je vlastně nejužitečnějším údobím života výrobku; jeho délka závisí na vlastnostech užitých materiálů, na výrobní technologii a na provozních podmínkách výrobků. Tyto závislosti mohou být experimentálně sledovány a ekonomicky optimalizovány. Druhý časový úsek nazýváme též obdobím minimální poruchovosti.

Ve třetím časovém úseku, kdy se na výrobku začne projevovat opotřebení a zhoršování provozních vlastností, stoupá opět intenzita poruch $\lambda(t)$ a výrobky vypadávají z provozu. Hustota poruch $h(t)$ má přitom přibližně tvar Gaussovy křivky, jejíž vrchol určuje tzv. střední životnost výrobku T_0, charakterizovaný maximální hustotou poruch.

Základní pojmy, které jsme dosud odvodili a definovali, byly odvozeny z předpokladu, že poruchou se postižené zařízení vyřazuje natrvalo z provozu. U většiny zařízení ovšem poruchy opravujeme a zařízení do provozu vracíme. Pro tyto případy zavádíme pojem udržovatelnosti zařízení, definovaný jako schopnost k opětovnému uvedení do chodu.

Dosavadní úvahy se týkaly spolehlivosti celých zařízení nebo jednoduchých celků. Budeme-li nyní uvažovat o zařízeních jako o strukturách, složených ze součástí o známé spolehlivosti, musíme nejprve rozlišovat dvě základní možnosti, jak může spolehlivost jednotlivých součástí ovlivňovat spolehlivost celého zařízení.

Závisí-li funkce celého zařízení na funkci jednotlivých součástí tak, že poruchou kterékoli součásti nastává porucha funkce celého zařízení, říkáme, že z hlediska spolehlivosti jde o řetězové (nebo též sériové) řazení součástí. Pravděpodobnost správné funkce celého zařízení se pak rovná součinu pravděpodobností správné funkce všech prvků, takže platí:

$$R_c(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \ldots$$

Uvažujeme-li, že všechny součásti pracují v období minimální poruchovosti, kdy platí exponenciální zákon, můžeme psát:

$$R_c(t) = e^{-\lambda_c t},$$

kde $\lambda_c = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \ldots .$

Intenzita poruch celého zařízení se tedy rovná součtu intenzit poruch všech jeho součástí.

Jsou-li naproti tomu v určité části zařízení zařazeny dvě nebo tři součásti takovým způsobem, že se mohou ve své funkci vzájemně zastupovat, takže porucha jedné z nich zůstává bez následků pro celé zařízení a teprve současná porucha všech součástí takto zapojených způsobí poruchu funkce zařízení, jde o tzv. zálohované (nebo též paralelní) řazení součástí, pro které platí vztah:

$$R_z(t) = 1 - [1 - R_1(t)]\,[1 - R_2(t)]\,[1 - R_3(t)],$$

z něhož plyne pro období minimální poruchovosti, tj. pro oblast platnosti exponenciálního zákona, vztah:

$$R_z(t) = e^{-\lambda_z t},$$

kde $\lambda_z = \lambda_1 \,.\, \lambda_2 \,.\, \lambda_3$

Takovýmto řazením dochází tedy k velmi podstatnému růstu spolehlivosti, ovšem s podmínkou, že porucha jedné součásti neohrozí správnou funkci součásti druhé. Tuto podmínku není možné vždy splnit, a proto použitelnost metody je omezená.

Základní pojmy z teorie spolehlivosti můžeme aplikovat stejně dobře i na samotné výrobní procesy. Rozložíme-li celý proces výroby určitého výrobku na jednotlivé výrobní operace, můžeme pro každou výrobní operaci definovat spolehlivost výrobní operace jako pravděpodobnost jejího úspěšného provedení, tj. jako poměr počtu úspěšně provedených operací X_1 k počtu operací započatých X_0, tj. k počtu „nasazených" kusů do operace.

Pro člověka jako součást systému je snaha užívat stejné základní pojmy a zároveň s tím i kritéria, jak jsou zavedené pro technická zařízení. Vzhledem k principiálním odlišnostem člověka od technických zařízení a také s ohledem na pojmy zavedené ve vědách o člověku to však není beze zbytku možné.

Rostoucí požadavky na zvyšování jakosti výrobků a spolehlivosti výrobních procesů zároveň se vzrůstající složitostí zařízení a komplikovaností výrobních technologií kladou stále větší nároky na spolehlivost jednotlivých komponent výrobních systémů. V tomto vývojovém stadiu se kvalitativně mění úloha a postavení člověka v pracovním procesu a člověk se může stát limitujícím činitelem spolehlivosti celého systému.

Zvyšování spolehlivosti lidského činitele má značný ekonomický význam. Investice na zvýšení spolehlivosti člověka jsou nesrovnatelně menší než investice technického charakteru potřebné k dosažení stejného efektu. Zvýšení spolehlivosti lidského činitele se významně projeví i ve snížení nákladů na údržbu, opravy, prostoje a ztrátové časy.

Zdůraznit je třeba humánní efekt zvyšování spolehlivosti lidského faktoru. Jeho těžiště totiž spočívá právě ve zlepšování pracovních podmínek.

Psychologické studium problému zvyšování spolehlivosti operátora vyžaduje zkoumat jeho činnost v situacích se zvýšenými až extrémními

nároky. Pro tyto situace, kdy jeden nebo více parametrů systému a okolí se blíží v interakci s člověkem k hranicím jeho možností, nebo se dostanou za hranice tolerance, se zpravidla používá termínu náročné, případně extrémně náročné situace.

Důraz je třeba klást zejména na zjištění odlišností v chování, vlastnostech a schopnostech člověka v náročných situacích ve srovnání se situacemi normálními, popř. optimálními. Studium činnosti člověka v náročných situacích musí proto být základním přístupem k problematice spolehlivosti operátorů. Je třeba jej aplikovat jak při experimentálních výzkumech, tak musí být rozhodující součástí spolehlivostních analýz řídící činnosti v provozu. Přitom ovšem nelze opomíjet ani činnost v podmínkách optimálních. V náročných podmínkách se však daleko výrazněji projevují individuální odlišnosti operátorů a podstatnou měrou se zvyšuje pravděpodobnost selhání lidského prvku v systému..

Středem zájmu při analýze spolehlivosti a optimalizaci systému je:

1. výskyt selhání (chyb) člověka — operátora,
2. kritická a závažná místa v činnosti systému ve vztahu ke spolehlivosti lidského činitele, identifikace příčin a následků selhání,
3. relativní faktory spolehlivosti lidského činitele.

Základními cíli přitom jsou:

1. hodnocení (predikce) spolehlivosti systému,
2. shrnutí příčin nespolehlivosti, rozbor kritických míst,
3. návrhy na zvýšení spolehlivosti.

Z uvedeného obsahu a cílů analýzy spolehlivosti vyplývají požadavky na metodický postup (Kruliš, 1979).

Soubor dat by měl obsahovat:

1. výpis chyb, selhání, nehod a mimořádných provozních událostí z protokolů, provozních deníků a jiných záznamů,
2. rozbor vybraných nehod nebo mimořádných událostí, např. metodou rekonstrukční kauzální analýzy, stromu chyb apod.,
3. zjištění potenciálních selhání z výpovědi obsluhy, např. metodou kritických událostí,
4. rozbor činnosti, informačního toku, časových snímků, algoritmu činnosti (zejména v náročných situacích) apod.,
5. rozbor statistických údajů o provozu (objemy, periody, špičky, změny atd.) a následné odvození potenciálních náročných situací,
6. zhodnocení zátěže operátorů (zejména v náročných situacích),
7. zhodnocení pracoviště, organizace a podmínek činnosti z hledisek spolehlivosti,
8. zjištění subjektivních postojů obsluhy, týkajících se zejména únavy, pracoviště, prostředí, spokojenosti, pracovních postojů a motivace (dotazník, rozhovor),
9. zhodnocení individuálních faktorů (zejména psychologických) ve vztahu ke zjištěné úspěšnosti při operátorské činnosti (osobnostní testy, testy obecných a speciálních schopností),
10. ekonomické, psychologické a sociologické zhodnocení následků selhání,
11. zjištění (predikce) spolehlivosti obsluhy, podsystémů a celého systému (metody řešení spolehlivostních sítí) — analytické a simulační metody.

4. METODY ZJIŠŤOVÁNÍ ZÁTĚŽE OPERÁTORA

Nejvíce poznatků o zátěži ve spojení s lidskou prací bylo získáno na základě dvou odlišných výzkumných přístupů. Na jedné straně byly výzkumy prováděny přímo v závodech. Využívalo se přitom např. ukazatelů výkonu, ukazatelů výroby, nehodové míry, nemocnosti. Taková kritéria jsou výsledkem komplexních a variabilních faktorů a jsou jen těžko přístupná přesné analýze. Kromě toho systematický experimentální výzkum zátěžových faktorů v průmyslových závodech je pro řadu příčin obtížný.

Na druhé straně narušení funkčních komponent pracovní kapacity bylo zkoumáno v laboratorních studiích. Mnohé výsledky však nelze v provozní praxi přímo využít. Výzkum požaduje splynutí podstatných aspektů těchto dvou přístupů. Např. miniaturní pracovní situace reprezentují takový výzkumný přístup. Základní je myšlenka, že laboratorní pracovní situace mohou být miniaturou komplexu operátorské činnosti.

Miniaturní pracovní situace představují metodu výzkumu mezi metodou měření výkonu v podmínkách závodu a laboratorním studiem jednotlivých funkcí. Výkon může být sledován na více či méně schematizovaných operacích.

Byla stanovena tři kritéria pro experimentálně zátěžové situace. Situace nebo činnost, které mají být zátěžové, působí na výkon (statisticky významné rozdíly v činnosti), subjektivní pocity (např. subjektivní stresová škála), fyziologické změny.

Srovnání míry zátěže v různých pracovních situacích předpokládá vypracování objektivní, terénně použitelné metodiky. Otázce měření psychické zátěže je ve světové literatuře věnována velká pozornost, nelze však říci, že by existovala obecně použitelná metoda. Řada metodik, které byly používány v laboratorních studiích, naznačuje možnosti přístupu k řešení tohoto problému, nejsou však dosud dostatečně prověřeny v praxi. Uvažujeme-li o možnostech využití laboratorních experimentů přímo v průmyslové praxi, pak je třeba si uvědomit, že se liší v následujících aspektech:

1. mentální zátěž je výsledkem integrovaného účinku skupiny nezávislých i závislých faktorů, zatímco v laboratoři je možno zkoumat obvykle pouze jeden nebo několik málo faktorů,
2. v praktické činnosti trvá pracovní úloha nepřetržitě 8 i více hodin, zatímco při laboratorním výzkumu je zpravidla omezena na relativně krátký časový úsek,
3. maximální zátěž v provozních podmínkách obvykle trvá krátkou dobu a dochází k ní v nepravidelných frekvencích, zatímco v laboratorních podmínkách se nezřídka setkáváme s tím, že člověk je maximálně zatěžován v relativně delším časovém intervalu.

Tyto okolnosti nutí ke zvýšené opatrnosti při používání laboratorních metodik pro měření mentální zátěže v provozních podmínkách.

Z nepřímých metod používaných při měření mentální zátěže jsou nejčastěji využívány změny ve výkonnosti. Vychází se z předpokladu, že s rostoucí intenzitou a časovým trváním pracovní činnosti dochází k určitému kolísání či poklesu výkonu. To umožňuje měřit množství vykonané práce za určitou časovou jednotku, počet a druh chybných výkonů

(snížená kvalita, počet zmetků apod.). Někdy se používá též dalších ukazatelů, jako je např. počet pracovních úrazů a nehod ve vztahu k délce pracovní doby atd. Přitom je nutno přihlížet k řadě fyziologických a psychologických faktorů, jako je např. okamžitý funkční stav jednotlivých orgánů, celkový zdravotní stav, emocionální stav, pracovní postoje, motivace, kolísání pozornosti apod.

Jinou metodou je měření kritické frekvence splývání zrakových a sluchových podnětů. Při pozorování blikajícího světelného zdroje přetrvává po každém záblesku stopa. Při zvyšování frekvence blikání začnou v určitém okamžiku světelné stopy splývat a pozorovatel vnímá jednotlivé podněty jako nepřerušované světlo. Kritická frekvence blikání závisí na mnoha činitelích. Je ovlivněna individuálními rozdíly, fyziologickým stavem pozorovatele, charakterem použitého světelného zdroje atd.

Při mentální zátěži dochází ke změnám některých vegetativních funkcí. I když jsou tyto změny málo úměrné velikosti zátěže, vytvářejí předpoklady pro to, aby se staly ukazatelem stupně zatížení. Obvykle se používá měření krevního tlaku, tělesné teploty, tepové frekvence, někdy též dechové frekvence, kožní teploty, kožního odporu atd. Pro zjištění změn vegetativní reaktivity pracovníků v mechanizovaných a automatizovaných závodech byla např. sledována kožní teplota, elektrodermogram a dechová frekvence.

Z dalších možností měření psychické zátěže je třeba se ještě zmínit o biochemických testech. Tyto testy umožňují zachytit změny metabolismu, ke kterým dochází při operátorské práci.

Z novějších metod používaných zvláště při analýze pracovní činnosti v zátěžových podmínkách uvádíme následující: metoda druhotného zatěžování, metoda měření informační zátěže a různé způsoby bodovacích systémů založených na soustavném pozorování. V rámci komplexního posuzování odolnosti vůči zátěži je u nás použil Daniel (1977).

Metoda druhotného zatěžování (secondary tasks, Doppeltätigkeit, Mehrfachhandlung) je v principu zjišťování vlivu vzájemného působení simultánních výkonů. V laboratorních podmínkách byla zjišťována interference při rozmanitých činnostech simultánně vykonávaných, jako např. současné provádění různých mentálních a motorických činností.

Při použití metody sekundárního zatěžování je třeba dodržovat následující zásady:

1. Druhotná úloha nemá podstatně narušovat hlavní úkol. Určitá interference mezi oběma úkoly existuje ovšem vždy.

2. Druhotná úloha nemá vyžadovat větší nároky na zácvik. Interindividuální rozdíly ve výkonu různých subjektů nemají být příliš velké. Též účinek nácviku má být co nejmenší.

3. Je velmi výhodné, jestliže subjekt má možnost sám řídit rychlost přívodu informací sekundárního úkolu. Pro tento účel je možno využít zpětnovazebných systémů.

4. Hodnocení zátěže má umožňovat srovnávání v různých situacích. Sekundární úkol má dávat možnost zhodnotit okamžitou rychlost proudu informací.

5. Typ sekundární úlohy má být volen tak, aby měl jiný charakter než úloha základní.

Metody měření informační zátěže vycházejí z předpokladu, že lze měřit množství informace, které může být přijato za určitou dobu jedním

KNIŽNICA

analyzátorem (tzv. propustnost senzorického kanálu), a že v pracovní činnosti se vyskytují jevy s předem známými pravděpodobnostmi. Teoreticky bylo zjištěno, že sluchový analyzátor je způsobilý převést 8,0 bitů za sekundu (nervové vlákno 0,3 bitu za s), zatímco zrakový analyzátor má tuto schopnost podstatně větší (nervové vlákno 5 bitů za s). Toto zjištění má však jen teoretický význam. Všeobecně se připouští, že kapacita senzorických kanálů se pohybuje v rozmezí 2—25 bitů za s, bez ohledu na to, o jaký druh senzorického kanálu jde.

Návrh metody orientačního hodnocení zdrojů zátěže v systémech člověk — stroj — pracovní prostředí (podle Matouška, 1979)

Navržená metoda je určena především pro potřeby hygienické služby. Cílem je orientační zhodnocení zdrojů zátěže, které jsou dány koncepcí stroje či technického prostředku a jež vyplývají z nepřiměřených nároků na činnost svalovou, senzorickou a mentální, resp. z nepříznivých podmínek pracovního prostředí, pokud jejich příčinou jsou též konstrukční nedostatky stroje.

Každou pracovní činnost lze považovat za zátěž. Rozhodující je, jaký vliv (pozitivní či negativní) má pro člověka. V systémech člověk — stroj — pracovní prostředí lze vyčlenit dva základní zdroje zátěže: objektivní a subjektivní. Objektivní jsou dány typem pracovního předmětu a prostředku, tj. požadavky na činnost svalovou, informační a mentální, a podmínkami pracovního prostředí (fyzikálně-chemické a biologické faktory, riziko pracovních úrazů a speciální faktory, jež vyplývají z celkové technické koncepce systému — v souhrnu jsou tyto determinanty označovány jako stresory).

Subjektivní zdroje zátěže spočívají v člověku, v jeho připravenosti pro činnost v daném konkrétním systému, tj. v požadované schopnosti, dovednosti, vlastnosti (v souhrnu označované jako pracovně výkonová připravenost).

Jsou-li obě složky, tj. připravenost a požadavky na činnost (včetně podmínek pracovního prostředí) v rovnováze, může mít zátěž pozitivní vliv na člověka. Při nerovnováze dochází k nepřiměřené zátěži s negativními důsledky, jež může být buď nadlimitní (překročeny kapacity člověka), nebo sublimitní (nevyužití kapacity člověka).

Schéma vztahů příčin a důsledků zátěže v systému člověk — stroj — pracovní prostředí je uvedeno na schématu 7.

Zhodnocení zdrojů zátěže se provádí na záznamovém formuláři (viz tab. 8), na stejném principu jako při ergonomické klasifikaci systémů člověk — stroj — pracovní prostředí. Formulář obsahuje devět skupin zátěže, přičemž každá z nich se hodnotí stupněm zdravotní závažnosti A, B, C, D. Pro zhodnocení v každé skupině zdrojů (svalová zátěž, senzorická zátěž, mentální zátěž atd.) je rozhodující vždy nejvyšší stupeň závažnosti (zdravotních důsledků). Stupeň A odpovídá pozitivnímu hodnocení, tzn. že je vyloučeno jakékoli zdravotní poškození. Stupeň B znamená občasné zatížení člověka, resp. vznik únavy, jež je však bez trvalejších následků, stupeň C znamená již závažnější zdravotní zatížení či ohrožení. Konečně stupeň D představuje riziko závažného zdravotního poškození somatického nebo psychického charakteru až po vznik nemocí z povolání. Charakteristika stupňů je následující:

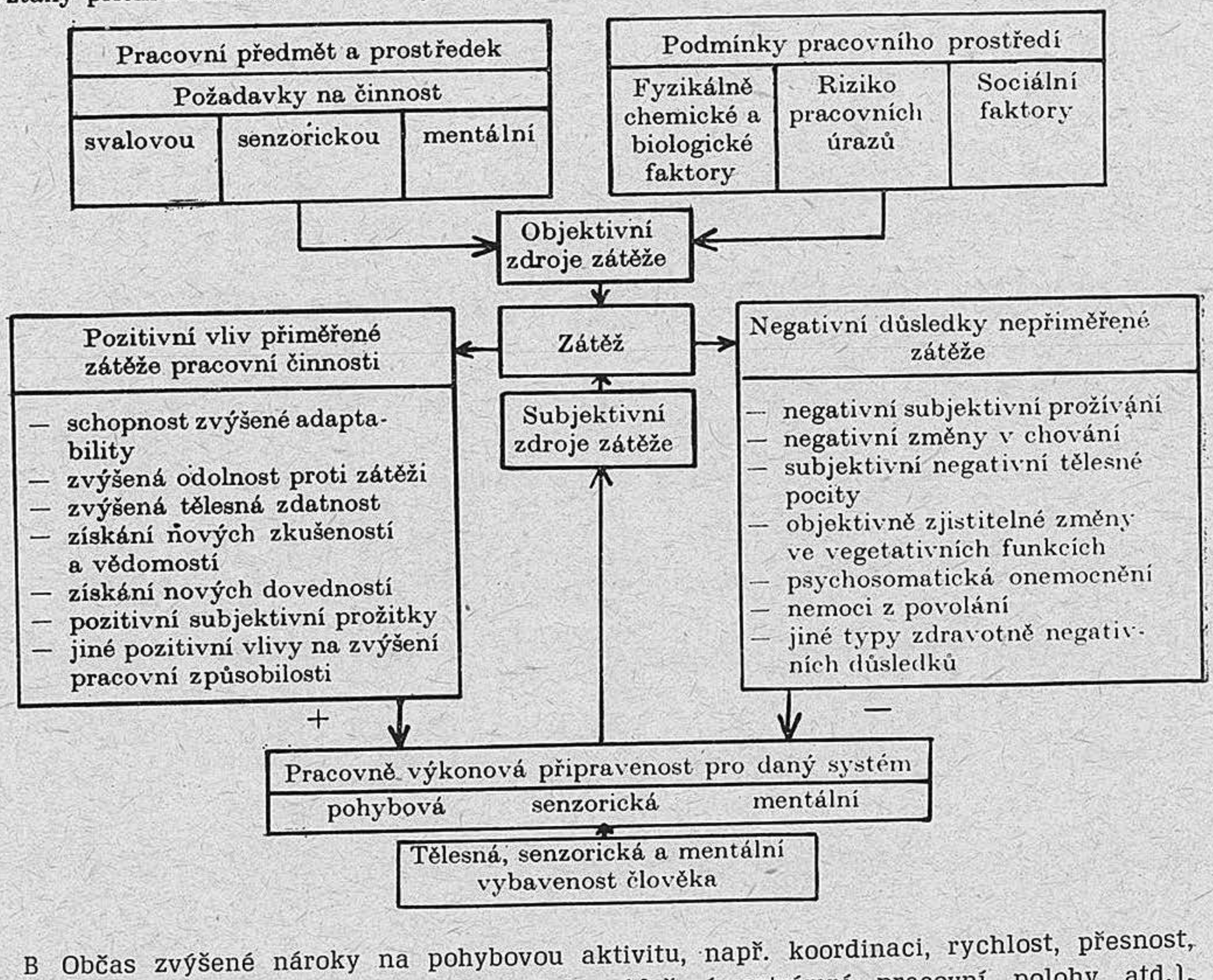
Skupiny zdrojů zátěže vyplývající z vlastní pracovní činnosti:

Svalová:

A Pohybová aktivita je přiměřená, statické zatížení se nevyskytuje, nebo je zanedbatelné. Střídavé zatížení různých svalových skupin, resp. režim práce a odpočinku nemá za následek únavové projevy.
Nelze předpokládat žádné negativní změny v pohybovém ústrojí.

Schéma 7

Vztahy příčin a důsledků zátěže v systému člověk - stroj - pracovní prostředí (Matoušek aj., 1979)



B Občas zvýšené nároky na pohybovou aktivitu, např. koordinaci, rychlost, přesnost, apod. — výskyt statické svalové práce (držení, extrémní pracovní polohy atd.). Občasné projevy přetížení pohybového ústrojí. Výskyt únavových projevů, kompenzovaný odpočinkem. Občasné příznaky únavy. Žádné negativní změny v pohybovém ústrojí.

C Trvale zvýšené nároky na pohybovou aktivitu, např. velká síla, rychlost, nepřiměřené dráhy. Výskyt statické svalové práce, silně zatěžující. Chronická únava. Pravděpodobnost vzniku poškození pohybového ústrojí.
Velká stereotypie pohybů s vnuceným tempem po celou pracovní směnu.

D Výrazně vysoké nároky na pohybovou aktivitu stereotypního charakteru, popř. na pohybovou sílu. Trvale extrémní pracovní poloha.
Výrazné zatížení končetin, těla.
Výskyt poškození pohybového ústrojí trvalého rázu.

Senzorická:

A Senzorická aktivita je přiměřená (ani příliš velký, ani příliš malý počet podnětů). Převládají přímé informace. Střídavé zatížení různých senzorických cest (zraku, sluchu) při percepci i diskriminaci informací a jejich interpretaci. Nelze předpokládat žádné negativní změny v senzorickém aparátu.

B Občas zvýšené nároky na příjem a zpracování informací, zejména při mimořádných (havarijních) situacích, tj. sledování většího počtu sdělovačů, nutnost přesného

Tabulka 8

Záznamový formulář pro hodnocení zdrojů zátěže v systémech člověk - stroj - pracovní prostředí

Skupina zdrojů zátěže	Zdroj zátěže	Stupeň A	B	C	D
Svalová zátěž	1 Stereotypie pohybů 2 Složitá koordinace pohybů 3 Velká přesnost pohybů 4 Nepřiměřená dráha pohybů 5 Velká hmotnost břemen 6 Nerovnoměrné rozložení pohybů 7 Trvalé stání 8 Trvalý sed 9 Extrémní poloha 10 Statické zatížení 11 Prostorové omezení				
Senzorická zátěž	1 Velký počet přímých zrakových informací — pozdější zásah 2 Velký počet přímých zrakových informací — rychlý zásah 3 Trvalé sledování jednoho místa zrakem 4 Ztížená viditelnost sledovaných míst 5 Velká náročnost zrakového rozlišování 6 Velká náročnost sluchového rozlišování 7 Nedostatek zrakových či sluchových podnětů 8 Velký počet sdělovačů — velká proměnlivost — rychlý zásah 9 Trvalé sledování jednoho či několika sdělovačů 10 Složité vztahy mezi údaji na sdělovačích 11 Vysoké nároky na přesnost čtení a rozlišování údajů 12 Složitý způsob kódování 13 Ztížená viditelnost a identifikace sdělovačů				
Mentální zátěž	1 Jednotvárná činnost 2 Vysoká náročnost přípravy postupů 3 Vysoká náročnost analýzy odchylek v běžném provozu 4 Vysoká náročnost řešení mimořádných situací 5 Složité výpočty, rozbory, kalkulace apod.				
Hluk a vibrace	1 Nadměrná hlučnost 2 Impulsní charakter 3 Tónový charakter 4 Nadměrné hodnoty vibrací 5 Vibrace o kmitočtu způsobujícím rezonanční kmitání důležitých orgánů				
Osvětlení	1 Nedostatečná intenzita 2 Nerovnoměrnost oslnění 3 Nevhodná barva světla				
Klimatické podmínky	1 Trvale extrémní teplota 2 Časté střídání teplot 3 Asymetrické tepelné pole 4 Nepřiměřené proudění 5 Nepřiměřená relativní vlhkost				

Skupina zdrojů zátěže	Zdroj zátěže	Stupeň A	B	C	D
Chemické látky	1 Obtěžující plyny, páry, kouř, pach 2 Zdraví škodlivé plyny, páry, aerosoly 3 Přímý přenos zdraví škodlivých látek				
Pracovní úrazy	1 Mechanické příčiny 2 Elektrický proud, záření elektromagnet. pole 3 Exploze 4 Nevyhovující osobní ochranné pomůcky				
Sociální faktory	1 Uzavřený prostor 2 Velký počet lidí 3 Velké nároky na kooperaci a komunikaci				

čtení, jednodušší srovnávání informací, snadno zapamatovatelné kódování apod. Nároky jsou kompenzovány střídáním různých aktivit. Občasné příznaky únavy.

C Zvýšené nároky na příjem a zpracování informací jako typický znak systému. Velký počet sdělovačů. Časté je nepravidelné střídání informací, složitější kódování, časový tlak, složité vztahy mezi informacemi atd. Výskyt vigilančních úloh nikoli po celou délku pracovní doby. Projevy únavy závažnějšího typu. Neurotické příznaky.

D Příjem a zpracování informací jsou trvale náročné. Převažuje analyticko-syntetická interpretace. Je nutné provádět složité výpočty, kalkulace, rozbory. Velmi vysoké nároky na vigilanci.
Výskyt poškození senzorických orgánů, neurózy či jiné poruchy VNČ.

Mentální:

A Činnost klade přiměřené nároky na myšlení a rozhodování. Pracovní postup je snadno nacvičitelný. Nelze předpokládat žádné negativní zdravotní důsledky.

B Složitější pracovní postup, resp. příprava či kontrola výstupů nebo příliš jednotvárná činnost vedoucí k útlumu centrálního nervového systému. Ojedinělý výskyt běžných příznaků neuróz.

C Značně složitý pracovní postup nebo jejich velký počet a nepravidelné střídání. Zvýšené nároky na rozhodování v mimořádných (havarijních) situacích. Dlouhá doba nácviku. Provádění náročných výpočtů, kalkulací, rozborů.

D Převažující složité formy rozhodování (tj. heuristické) na základě více rozhodovacích kritérií, mající spíše koncepční než operativní znaky (např. u experimentálních systémů). Výskyt psychosomatických onemocnění.

Skupiny zdrojů zátěže vyplývající z pracovního prostředí:

Fyzikálně chemické a biologické faktory:

A Stroj (technické zařízení) není zdrojem žádných škodlivin, nebo je vybaven spolehlivě fungující ochranou i při event. chybném zásahu (jednání) člověka.
Nelze předpokládat žádné poškození zdraví.

B Stroj (technické zařízení) má ojedinělé hygienické závady, avšak hygienické limity nejsou překročeny. Projevy krátkodobé únavy či jiných příznaků, jež odezní.
Nevyskytuje se žádné trvalé poškození.

C Stroj (technické zařízení) má hygienické závady, přičemž hygienické limity jsou občas nedodrženy. Ojedinělé poškození zdraví.

D Stroj (technické zařízení) je zdrojem jedné či více škodlivin, u níž jsou trvale překračovány hygienické limity. Výskyt závažných onemocnění — profesionální choroby.

Riziko pracovních úrazů:

A Stroj (technické zařízení) není rizikový; riziková místa jsou vybavena nepodmíněně působícími bezpečnostně technickými zařízeními (blokování, dvouruční spouštění, světelně technická ochrana apod.). Pracovní úrazy, kdy zdrojem je stroj, se nevyskytují, není nutné použití žádných osobních ochranných pomůcek.

B Na stroji (technickém zařízení) jsou některá rizika vyplývající z jeho pohybujících se částí, nebezpečných nástrojů, resp. pomůcek používaných při ruční manipulaci. Spolehlivost bezpečnostně technických opatření je závislá na jednání člověka. Vyskytují se běžné typy pracovních úrazů.

C Stroj (technické zařízení) je značně rizikový. Požadavky na bezpečné jednání jsou značně vysoké a jsou charakteristickým znakem systému člověk — stroj (trvalá pozornost — obezřetnost). Důsledky selhání člověka jsou závažné jak pro něho, tak event. i pro spolupracovníky. Nebezpečí těžkých pracovních úrazů.

D Velmi rizikový stroj (technické zařízení), kladoucí vysoké nároky na spolehlivost člověka, dodržování bezpečnostních předpisů, zvláště v mimořádných provozních situacích. Nebezpečí ohrožení života a zdraví většího počtu osob. Nebezpečí hromadných úrazů a nehod.

Sociální faktory:

A Obsluha řízení a kontrola stroje (technického zařízení) je individuální.
Požadavky na sociální komunikaci jsou běžného typu. Nelze předpokládat žádné poškození zdraví.

B Obsluha, řízení a kontrola stroje je prováděna skupinou osob (posádkou, týmem apod.) a předpokládá běžné formy sociálního styku a kooperaci v rámci operací.
Nelze předpokládat žádné poškození zdraví.

C Zvýšené nároky na sociální styk a kooperaci jak v běžných, tak v mimořádných (havarijních) podmínkách.
Práce v izolaci — trvalý pobyt v uzavřeném prostoru — bez sociálního styku — vznik sociální deprivace. Příznaky neuróz a jiných psychosomatických poruch.

D Řízení a kontrola rozsáhlých technických systémů s větším počtem osob, kladoucí vysoké nároky na jednání s lidmi, rychlou adaptaci na proměnlivé podmínky (operativní řízení) a vysokou odpovědnost. Výskyt psychosomatických onemocnění.

Celkové zhodnocení stroje se zřetelem na zdroje zátěže je možné provést zařazením do některého ze čtyř stupňů (I., II., III., IV.) podle výskytu stupňů — viz tab. 9.

5. ZÁTĚŽ A ÚNAVA OPERÁTORA PŘI PRÁCI S OBRAZOVKOVÝM TERMINÁLEM

Tempo zpracovávání toku informací přímo souvisí se stupněm únavy pociťované operátorem (Wiesner, 1978). Samotné množství informací může přispívat k únavě, i když se s úlohou nespojuje žádné fyzické úsilí; platí to i v případě, že zodpovědnost a pracovní angažovanost nejsou vysoké. Tento typ pracovní zátěže je typický pro řízení letecké dopravy a pro průmyslovou kontrolu a vyskytuje se i při mnohých pracích při obrazovkových zařízeních. Nezávisle na tom, jaký typ informační zátěže způsobuje únavu, výsledek je vždy stejný. Klíčovým bodem při těchto

Tabulka 9
Celkové zhodnocení zdrojů zátěže v systému člověk - stroj - pracovní prostředí

Stupeň	Hodnocení	Reakce člověka a její důsledky
I.	Jen A (žádné B, C, D)	— Požadavky, podmínky úkolu a vlastní pracovní činnost jsou přiměřené kapacitě průměrného člověka. Na adaptaci člověka nejsou kladeny velké požadavky. — Nelze předpokládat žádné negativní změny v organismu ani z dlouhodobého hlediska.
II.	Alespoň jedno B (ostatní jen A, žádné C, D)	— Požadavky, podmínky úkolu a vlastní pracovní činnost občas překračují kapacitu člověka — vzniká dočasná únava, jež je však kompenzována aktivací různých mechanismů tělesných i psychických, případně odpočinkem. — Nároky na adaptační procesy jsou mírně zvýšeny. — Lze očekávat výskyt některých negativních změn v organismu, které však po delší době vymizí.
III.	Alespoň jedno C (ostatní jen B nebo A, žádné D)	— Požadavky, podmínky a ostatní pracovní činnost výrazně, avšak nikoli trvale překračují kapacitu člověka — možnost vzniku chronické únavy. — Adaptace je značně obtížná. — Výskyt závažných negativních změn v organismu, které přetrvávají. — Patologické důsledky: výskyt určitých chorobných příznaků bez rozvinutého onemocnění.
IV.	Alespoň jedno D (ostatní C, B nebo A)	— Požadavky, podmínky úkolu a vlastní pracovní činnost trvale překračují kapacitu průměrného člověka. — Adaptace je velmi obtížná, ne-li vyloučena. — Patologické důsledky: neurózy, psychózy či jiné změny v osobnosti, nemoci krevního oběhu, zažívacího traktu, profesionální choroby všech typů.

únavných úlohách je nedostatek odpočinku a přestávek na oddech. Operátoři při obrazovkových zařízeních by zdánlivě mohli využívat příležitosti pro oddech související s častými zdrženími při operaci poslání vzkazu a čekání na odpověď, ale tato zdržení působí jako stresové činitele, protože operátoři nevědí přesně, kdy dojde k přestávkám, jak dlouho budou trvat, nemohou se „přeorientovat“ na odpočinkovou činnost, aktivně čekají na odpověď počítače. Dobrá organizace práce a účinné oddechové přestávky mohou přispět ke snížení únavy.

V začátcích počítačových pracovišť byli všichni operatoři vybíráni, dobře připraveni, vysoce motivováni a ochotni pracovat s ovládacími pulty, počítačovými jazyky, službami a operačními postupy, které z inženýrskopsychologického hlediska zdaleka nebyly optimální. Jejich činnost se zaměřovala na zhospodárňování nákladů souvisících s časem počítače, které byly mimořádně vysoké v porovnání s náklady souvisícími s časem operátora. To bylo v pořádku jen dotud, dokud se udržel počáteční počet operátorů. Dnes jsou však nespecializovanými operáto-

ry na obrazovkových zařízeních jednotlivci, jejichž vzdělání a zájmy směřují do jiných oblastí, než je počítačová technologie, a kromě toho zavádění počítačů mělo za následek vysokou specializaci a rutinnost operátorských úloh. Důsledkem tohoto „neusměrňovaného vývoje" bylo, že operátorům počítačových terminálů chybí pracovní angažovanost, což se projevilo v tom, že dokonce i drobné nedostatky v určování pracovní náplně a navrhování pracoviště přispívají ke snižování výkonnosti a únavě operátorů (Östberg, 1974, Paleček, 1981).

Symptomy zrakové únavy

Existují rozličné teorie o původu symptomů zrakové únavy, ale žádná z nich není všeobecně přijímána. Podle nejběžnějších teorií je bolest nebo únava důsledkem přepínání sítnice, vnitroočního svalstva, vnějšího očního svalstva, neustálého přechodu mezi používáním svalů vnitřního a vnějšího oka při marné snaze dostat jasný obraz anebo zvýšeného vnitroočního tlaku. Déletrvající výkon zrakových úloh nebo úloh ztížených v důsledku slabého osvětlení může vést k dobře známým symptomům bolesti, podráždění a celkové únavy očí; pokud však nejde i o svalovou únavu, tyto symptomy se projeví např. ve formě bolesti hlavy, celkové únavy nebo centrální únavy.

Stížnosti operátorů při obrazovkových zařízeních se neliší od stížností ostatních operátorů. K nepříznivým symptomům patří pocity, že oči jsou napjaté, slzí, jsou těžké a unavené. Oči mohou pálit a být bolestivé na dotek a pocit bolesti může vycházet i jakoby zevnitř nebo spoza očí. Vizuálními symptomy jsou různé formy porušení normálního vidění, které jsou velmi nepříjemné, i když nejsou doprovázeny fyzickou bolestí. Může být obtížné upřeně pozorovat předměty nebo hledět určitým směrem po delší dobu. Mohou se objevit problémy při sledování televizní obrazovky nebo filmového plátna a může se zdát, že předměty mají barevný okraj nebo jsou zdvojené. Centrální symptomy jsou nejběžnější, ale obyčejně se jim nepřikládá zrakový původ, a často ho ani nemají. Nejběžnějším centrálním symptomem je bolest hlavy. Jde obyčejně o tupou bolest, kterou je možno popsat nebo přesně lokalizovat, často se však uvádí poměrně povrchová bolest v oblasti čela nad obočím. Bolest se může rozšiřovat až do oblasti krku, a dokonce ramen. Dochází i ke změnám v činnostech vykonávaných jednotlivci. Může docházet k zaujetí určité polohy těla s cílem ulehčit zrakové úloze nebo vyhnout se zaclánění světelných zdrojů. Může jít i o zvýšené uvědomování si očí nebo o předsudky týkající se očí, osvětlení a zrakové úlohy, v důsledku čehož se neustále hledají různé způsoby vylepšení situace, jako je manipulace s brýlemi, lampami, roletami a stínidly.

Největší překážkou při stanovování příčin zrakové únavy je, že ji není možno rozlišit od celkové únavy pomocí měření. Jestliže je zraková únava definována jako únava vyplývající z fyzického a mentálního zrakového úsilí, lze zřetelně pozorovat prolínání zrakové a celkové únavy.

Guérin a Jankovsky (1979) provedli výzkum operátorů s obrazovkovým terminálem ve velkém novinovém vydavatelství. Cílem bylo řešit určité problémy spojené se změnami technologie tisku při užití počíta-

čové techniky a obrazovkových terminálů. Má tři různé pracovní situace: 1. psaní textu na obrazovkovém terminálu, 2. korektury a verifikace textu na obrazovkovém terminálu, 3. kombinace úloh — psaní a korektura týmž operátorem na obrazovkovém terminálu.

Registrace pohybu očí pomocí NAC ukázala, že jsou oči zaměřeny na obrazovku 89 % doby při provádění korektury bez původního textu, 57 % doby při korektuře textu s pomocí původního textu a 46 % doby při simultánním zobrazení a korigování.

Operátoři vyvinuli různé pracovní strategie podle požadavků produktivity a možností systému. Pohyby očí přitom závisely na syntaxi textu a sémantické charakteristice.

Pracovní činnost

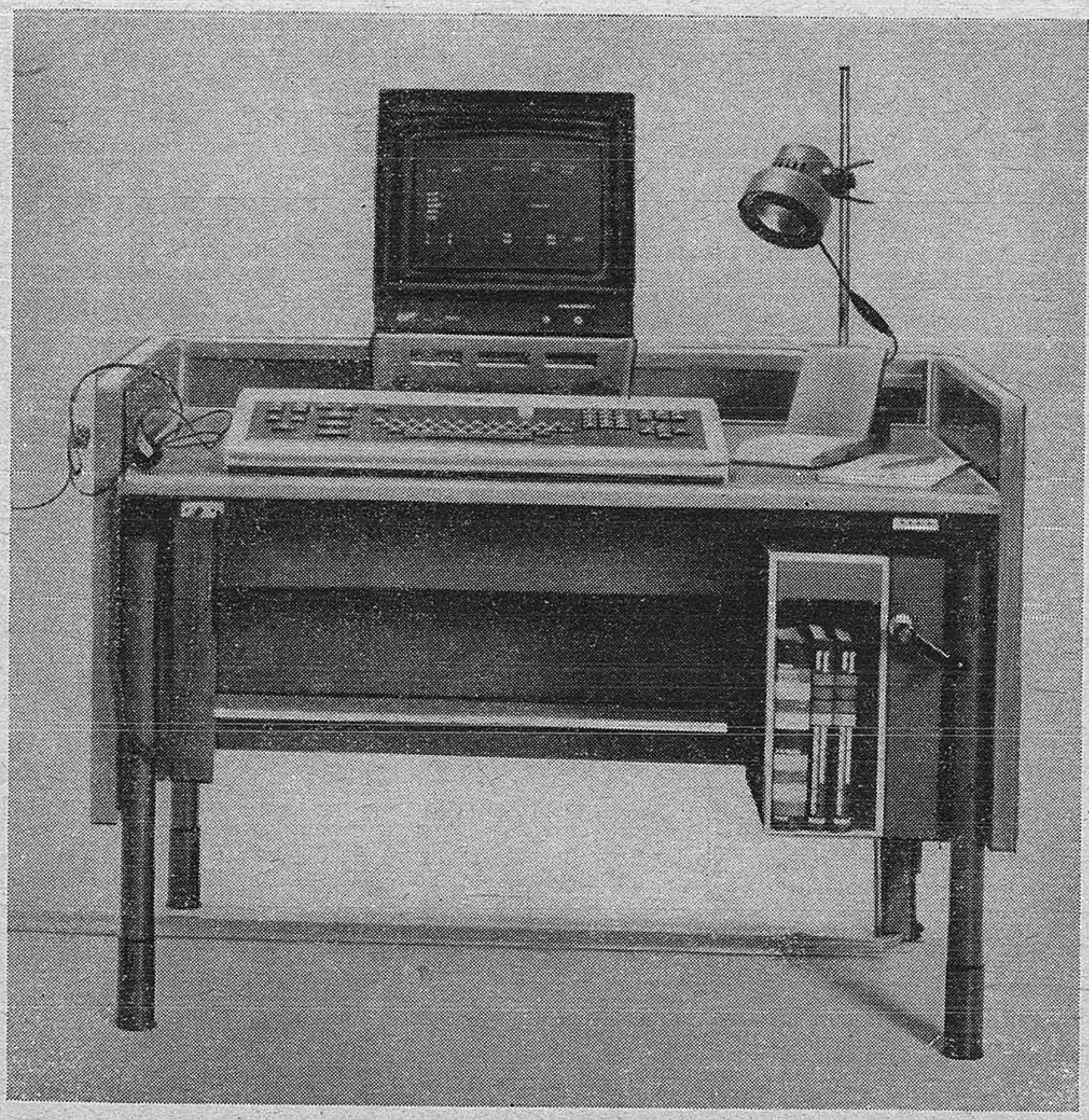
V některých případech prací při obrazovkách je jedinou úlohou člověka v systému člověk — počítač vkládat údaje do počítače prostřednictvím klávesnice napojené na obrazovkové zobrazovací zařízení (monolog člověk — počítač) a v jiných případech jen dohlížet na informace zobrazené na obrazovce (monolog počítač — člověk). Oba typy práce mohou být velmi únavné buď přílišnou nudností, nebo přílišným vyžadováním pozornosti, popř. oběma způsoby. Na druhé straně obsahuje vyrovnanější práce (dialog člověk — počítač) riziko únavnosti způsobené úzkostí a stresem vyplývajícím ze současné tendence používat takové způsoby komunikace co do logiky, syntaxe, formátu a času odpovědi, které člověk odmítá. Ještě stále jsme velmi vzdáleni od ideální symbiózy člověka s počítačem.

Pracoviště

Obrazovkové zařízení je obyčejně spojené s abecedně číselným kódem a vytváří tak jednotku pro vstup a zobrazování informací, která je poměrně velká. Údaje pro manipulaci a zpracování jsou přiváděny a odváděny rozličnými způsoby, jako jsou ručně nebo strojem psané dokumenty, přímé verbální nebo telefonické komunikace, děrné pásky a počítačové výpisy. Může existovat potřeba speciálního zařízení na zpracování tohoto toku informací (telefon, dokumentační kartotéka, tiskárenské zařízení, psací stroj, stolní kalkulační stroj) a uchování informací ve formě katalogů a mikrofilmových kartoték. Typické pracoviště s obrazovkovým zařízením představuje složité problémy rozmístění a uložení zařízení, vstupních a výstupních vyrovnávacích zařízení, pracovních pomůcek a pracovní plochy pro ruce. Příklad vhodného řešení pracoviště spojovatelky z inženýrskopsychologického hlediska ukazuje obr. 15.

Zrcadlový odraz světelných zdrojů

Obrazovkové zobrazovací jednotky pro použití v kancelářích jsou jen zřídkakdy vybaveny nějakou formou protiodrazových filtrů, jaké se vždy



Obr. 15 Inženýrskopsychologické výzkumy vedly k vhodnému uspořádání pracoviště spojovatelky

používají v obrazovkách v pilotní kabině letadla, a proto jejich uživatelé v kancelářích si stěžují na vážné rozptylování, únavu a slabost. Je pravda, že někteří výrobci dodávají filtry jako volitelné doplňky, ale protože se nevyrábějí jako standardní kusy, jsou drahé a málokdy se využívají.

Kontrastní lesk zářících ploch

Příliš často se zjišťuje, že nevhodné zařízení místností má za následek vznik situace, v jaké je třeba tmavou obrazovku sledovat na pozadí světlého okna nebo silně osvětlené světlé stěny. Výsledkem této si-

tuace je efekt „kontrastního lesku“, protože oko pozorujícího se přizpůsobí jasu pozadí, a ne obrazovky. Podobný efekt je způsoben neustálým přenášením pohledu ze světlých dokumentů na tmavou obrazovku.

Dvojí osvětlení prostředí

Hlavním faktorem při určování minimálního potřebného osvětlení je, aby se mohl pozorovat kontrast mezi předměty (tmavá písmena) a jejich bezprostředním pozadím (světlý papír), a zpravidla platí, že čím je prostředí lépe osvětleno, tím je úloha lehčí. Pro čtení textu zobrazeného na obrazovce (světlá písmena na tmavém pozadí) však platí opačné pravidlo: čím méně osvětlené je prostředí, tím je úloha lehčí. Při použití obrazovkového zařízení ve vojenské technice, kde se sledování obrazovky nespojuje se žádnou manipulací s papíry, se doporučuje osvětlení ne vyšší než 50 luxů. Optimální hladina pro úlohy vyžadující čtení podkladových dokumentů, jakož i informací zobrazených na obrazovce je přibližně 150 luxů. Optimálnost tu znamená stejnou viditelnost otištěných i zobrazených informací.

Celková čitelnost písmen

Toto je oblast, o které jednotliví operátoři při obrazovkách vyjadřují své názory jen s velkými těžkostmi a ve které je nutně potřebný další výzkum. Dosud se většina pokusů týkala porovnávacích hodnocení standardně vyráběných souborů písmen, ale pokud se parametry písmen nepodřizují kontrole, tyto pokusy mají omezenou hodnotu. K parametrům patří způsob tvoření písmen, mezery mezi písmeny, intenzita, zbarvení, poměr šířky k výšce atd. Nejdůležitější parametr čitelnosti, kterým je ostrost obrysů písmen, ještě vlastně nebyl zkoumán vůbec. Ostrost obrysů zase naopak závisí od více technických proměnných zobrazovacích systémů, ale i tak je nejdůležitějším klíčem, podle kterého se oči zaostřují na písmena. Jakmile není obrazovková zobrazovací jednotka správně udržována a obrazovka se po náležité době nevymění, ostrost obrysů se může zhoršit až na zlomek své hodnoty, což se pokládá za významnou proměnnou určující pocity vizuální únavy operátorů. Obrazovka obyčejně produkuje ve svých rozích rozmazanější písmena než uprostřed, takže pokud se obrazovková jednotka používá jen na zobrazení krátkých informací, měly by se podle možností situovat do středu obrazovky.

Řadu poznatků důležitých pro konstrukci a užití obrazovkových terminálů přinášejí Cakir, Hart a Stewart (1980).

VI. Příjem, uchování, zpracování a předávání informace se zaměřením na signalizační prostředky

1. ZRAKOVÉ VNÍMÁNÍ A VIZUÁLNÍ SDĚLOVAČE

Návrh sdělovačů je podstatnou částí procesu při tvorbě systémů člověk — stroj. Potřeba sdělovačů vychází z podmínky, že v komplexních systémech operátor nemůže přijímat potřebné informace přímým pozorováním technického procesu. Základními kroky při vývoji systému člověk — stroj jsou:

1. účelová analýza,
2. funkční analýza,
3. funkční rozdělení mezi člověka a stroj,
4. úkolová analýza,
5. uspořádání pracovního místa.

Aspekty sdělovačů a charakteristiky lidského pozorování mohou již určovat funkční rozdělení mezi člověka a stroj. Je třeba mít na zřeteli meze zrakového vnímání a schopnosti člověka převádět a zpracovávat informace (Simonenko, 1978). Základní charakteristiky smyslového vnímání jsou uvedeny v příloze 2.

Upřesněné návrhy sdělovačů a uspořádání pracovního místa vycházejí z různých funkčních, výkonových a sdělovacích požadavků, jež byly získány při systémových a inženýrskopsychologických analýzách provedených dříve (Brichcín, Mantlíková, 1973, Carmichael, Dearborn, 1947, Grover, 1976, Koethe, Schubert, 1971, Štikar, 1961, Toman, Brichcín, 1974). Některé příklady takových požadavků jsou: počet a kvalifikace pozorovatelů, druh a množství dat, významnost dat, míra změny sdělovaných dat, četnost užití jednotlivých sdělovačů v náročných fázích činnosti, vzájemná závislost a návaznost jednotlivých komponent panelu.

Při návrzích sdělovačů je třeba přihlédnout k funkční organizaci zrakového systému. Přitom je třeba mít na zřeteli dva komplementární aspekty:

1. Senzorické charakteristiky očí.

Senzorické charakteristiky očních receptorů vyžadují, aby svítivost, kontrast, rozlišitelnost, doba expozice a jiné parametry měly určité rozpětí, aby se tak zajistila detekce zrakového podnětu.

2. Percepční charakteristiky vidění.

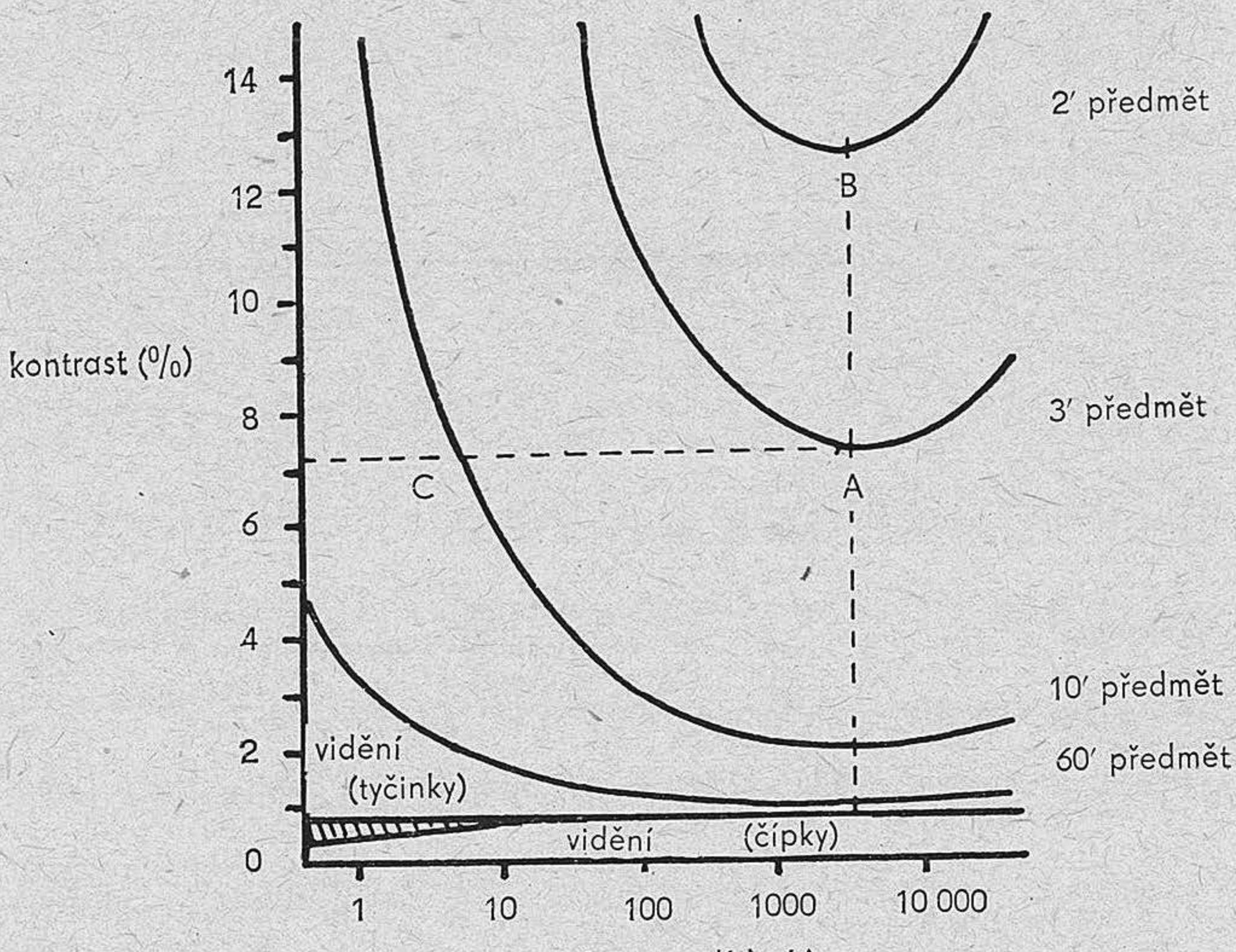
Centrální nervová činnost umožňuje rozvíjet různé strategie, a to na

vyšší než retinální úrovni, což je třeba mít na zřeteli při návrzích sdělovačů. Tím je ovlivněna funkční organizace zrakového pole a metody kódování informace.

Statická a dynamická zraková ostrost

Při centrálním pozorování mohou být malé předměty v zorném poli rozlišeny jen tehdy, jsou-li splněny následující podmínky: minimální velikost, minimální jas, minimální kontrast mezi předmětem a pozadím, minimální expozice.

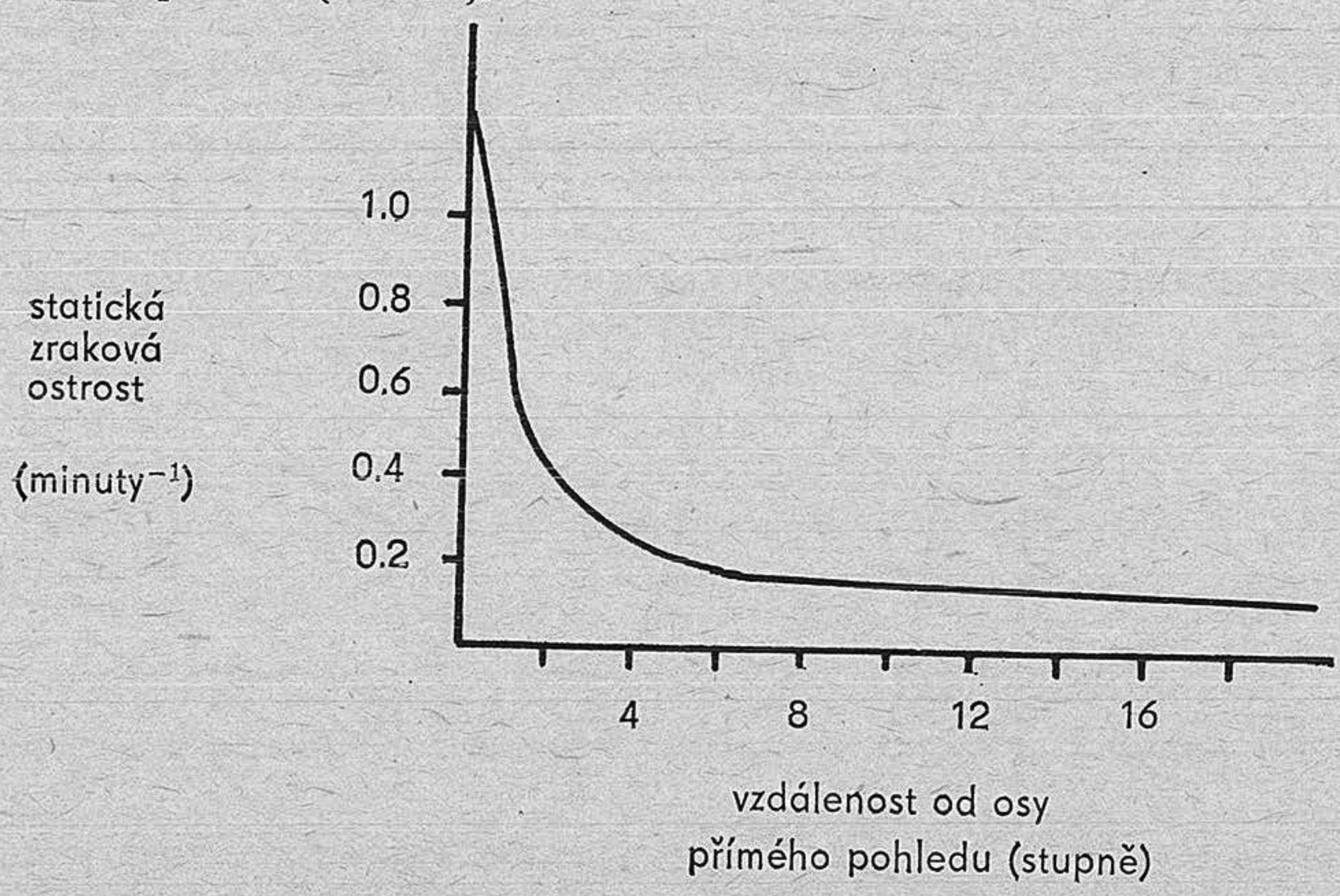
Vztah mezi velikostí předmětu, úrovní jasu a kontrastem je znázorněn na obrázku 16. Prahový kontrast klesá, když se pozadí stává jasnějším, až k optimálnímu jasu pozadí 1500 asb. Vyšší úrovně jasu mají obvykle degradující efekt pro oslnění a difúzní rozptyl světla v oku. Na obr. 16 je uveden příklad: Při úrovni jasu asi 3000 asb předmět o velikosti 3′ arc zorného úhlu (bod A) může být viděn při kontrastu 7 %, zatímco 2′ předmět (bod B) potřebuje asi 13 %, aby mohl být rozlišen.



Obr. 16 Vztah mezi velikostí předmětu, kontrastem a jasem. Znázorněny jsou kontrasty, při nichž lze vidět předmět různé velikosti v různých úrovních jasu za centrálního vidění

Při snížení asi k 10 asb se pak 3′ předmět musí zvětšit na 10′, aby ho vůbec bylo možno spatřit (bod C).

Toto omezení statické zrakové ostrosti (minimum rozlišitelnosti pro nepohyblivé podněty) při centrálním vidění za optimálních podmínek je asi 1′ arc. Pro praktické použití se obvykle doporučuje hodnota 3′. Vzhledem k rozmístění čípků na sítnici je statická zraková ostrost značně horší mimo oblast centrálního vidění. Experimenty provedené pomocí Landoltových kruhů ukazují, že rozlišitelný detail musí mít velikost asi 10′ arc, aby ho bylo možno rozpoznat pomocí periferního vidění při odchylce 14° od osy přímého pohledu, na rozdíl od 1′ arc v ose přímého pohledu (obr. 17).



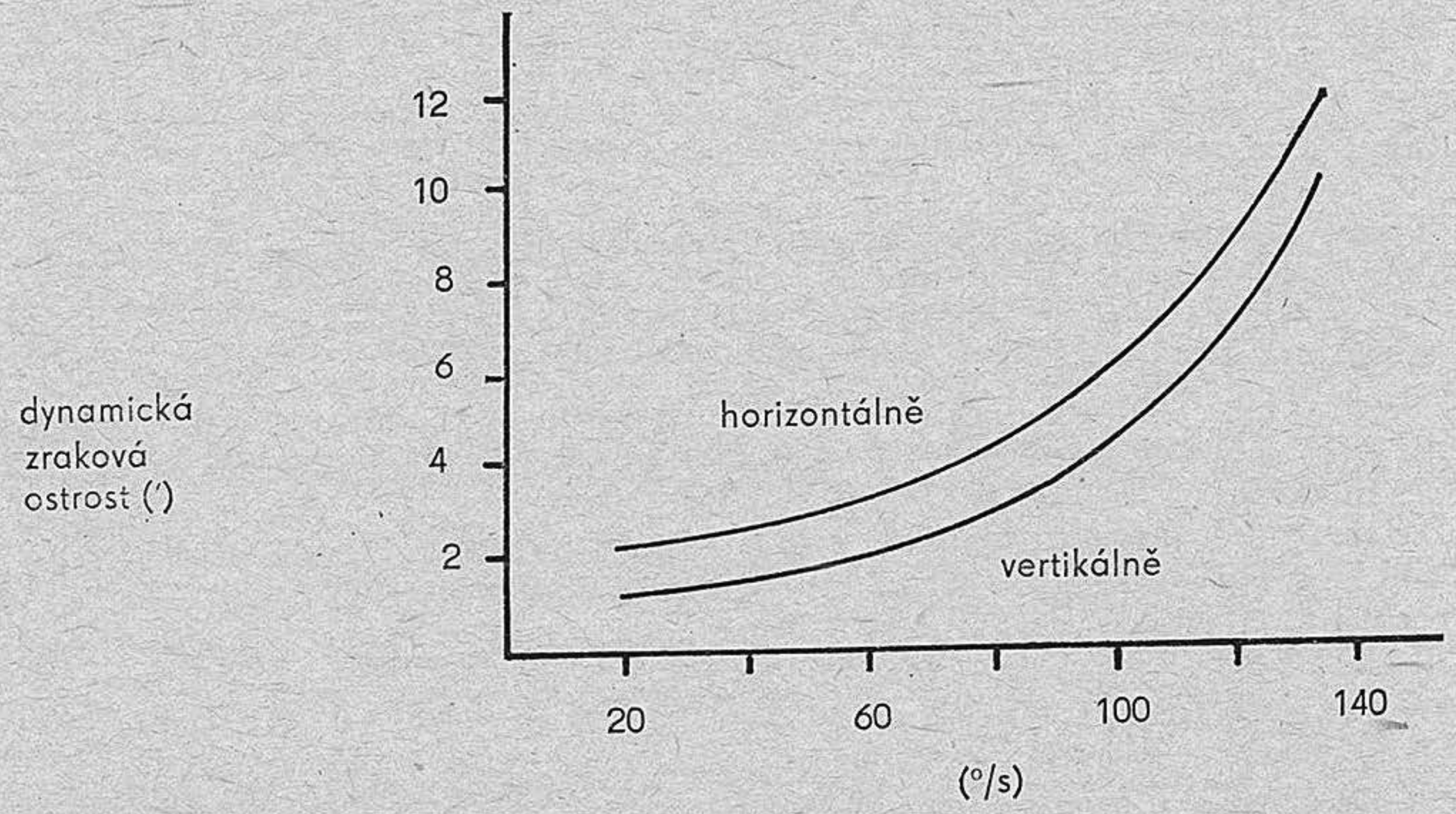
Obr. 17 Statická zraková ostrost při různé lokalizaci na sítnici. Data byla získána při užití Landoltových kruhů na úrovni jasu 300 asb.

Dynamická zraková ostrost se týká činnosti oka při rozlišování pohyblivých předmětů (obr. 18). Rozlišení zůstává beze změny do rychlosti pohybu objektu 20°/s. Pouze vyšší rychlosti vedou k zřetelnému poklesu ve srovnání se statickou zrakovou ostrostí. Rozlišení pro horizontální pohyby je o něco horší než pro pohyby vertikální.

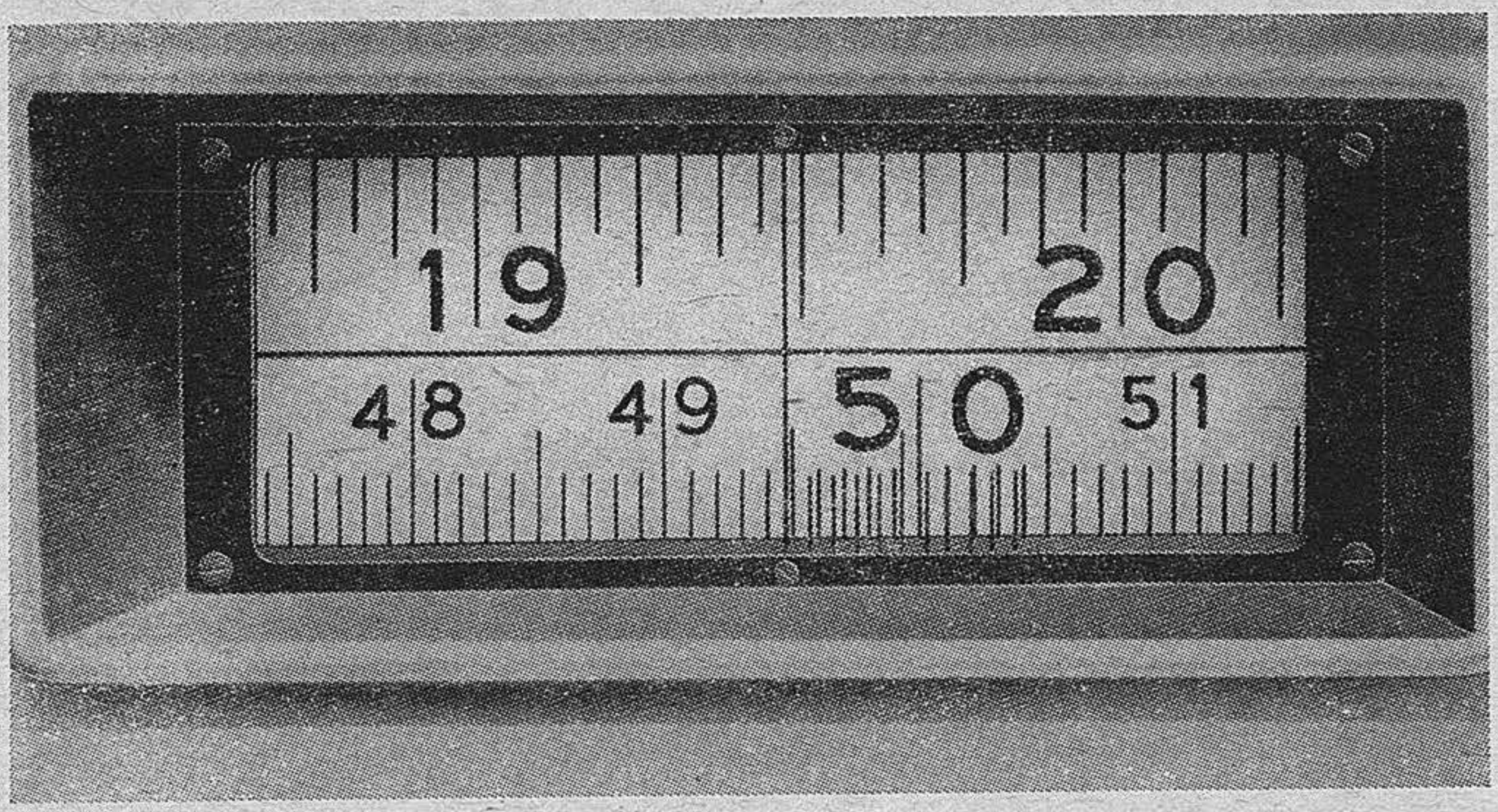
Dynamická zraková ostrost nesmí být zaměněna s vnímavostí k pohybům. Rozlišení pohybů je možné jen tehdy, jestliže se objekty pohybují rychlostí nejméně 1′ arc za sekundu. Rozlišování pohybů je mnohem lepší v periferních částech sítnice než v části centrální. Periferní vidění tak působí jako poplašný systém, ohlašující nové objekty vstupující do zorného pole. Vyšší vnímavost periferní sítnice k pohybům podnítila rozvoj sdělovačů pohybových a periferních. Pomocí takových prostředků lze poskytovat dodatečnou informaci mimo oblast centrálně viděných sdělovačů. Periferní sdělovače jsou určeny především ke znázornění změn lineárních rychlostí nebo míry zatáčení.

Zraková ostrost a rozlišitelnost na sdělovači

Pojem rozlišitelnost na sdělovači může mít ve vztahu k navrhování sdělovačů dva významy. Může znamenat počet kvantifikovatelných prvků sdělovače na jednotku délky, použitých k vytvoření vjemu kontinuitního sdělovacího prostředku (např. obrazovky). Může však též znamenat celkový počet prvků sdělovače, který se požaduje k reprodukci



Obr. 18 Dynamická zraková ostrost (v minutách) pro objekty pohybující se ve vertikálním a horizontálním směru (rychlost je vyjádřena ve stupních za sekundu)



Obr. 19 Optická stupnice na obrazovce z matného skla umožňuje několikanásobné zvětšení pomocí prizmatického projektoru, čímž se zlepší rozlišitelnost (Adamovské strojírny, Blansko)

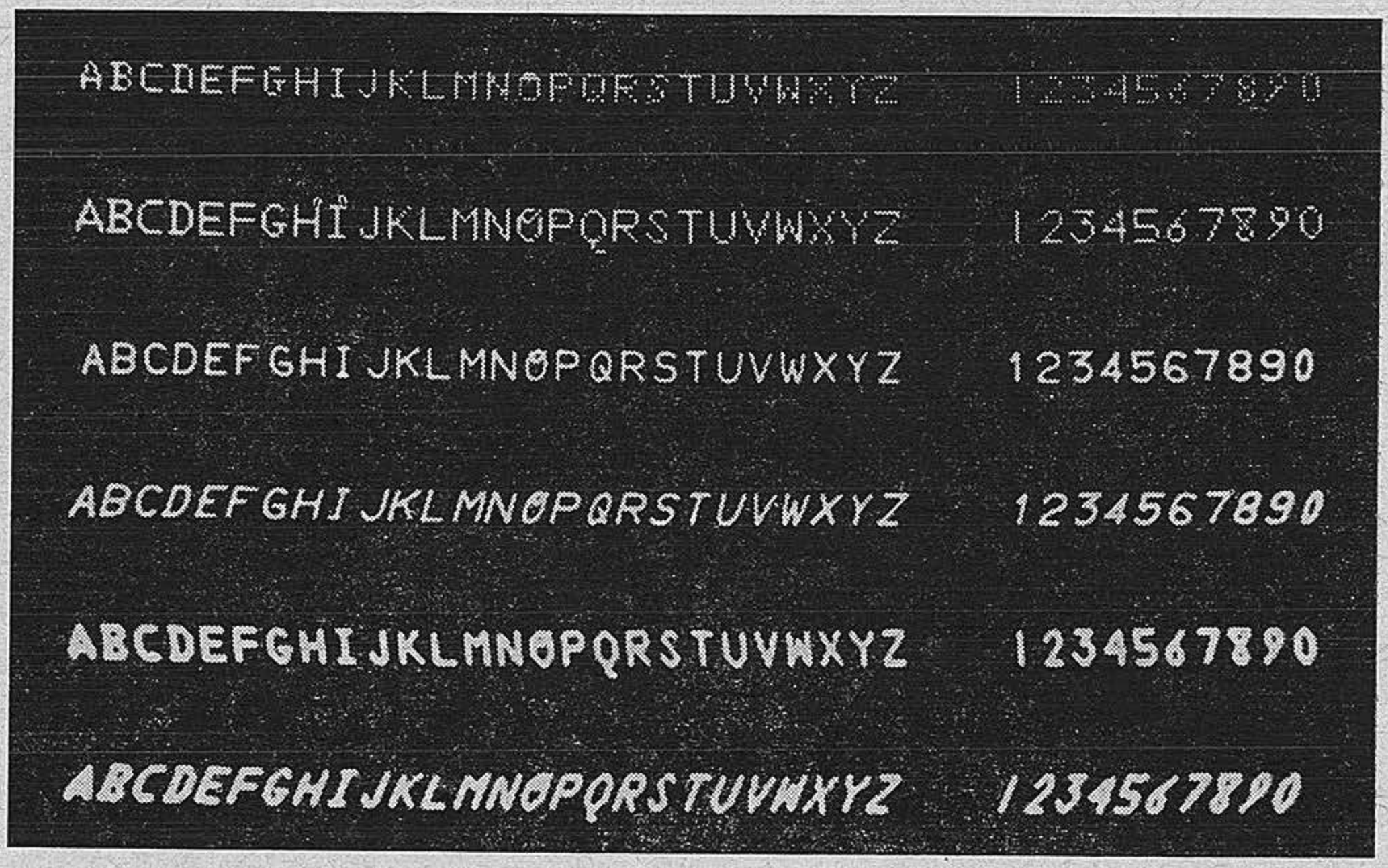
obrazu, symbolu nebo stupnice tak, aby byly rozpoznány bez chyb (obr. 19).

Oba významy se mohou vztahovat jak k dynamické, tak statické zrakové ostrosti.

Maximální soustředění prostorových prvků na sdělovači a vytvoření vjemu kontinuity kvantifikovaných změn je omezeno zrakovou ostrostí. Jak bylo dříve uvedeno, hodnota 1′ arc je již přijatelná. Pro vzdálenost pozorování 70 cm, která je typická pro sdělovací panely, úhlová rozlišitelnost 1′ arc odpovídá 0,2 mm nebo 50 prvků na centimetr. Např. televizní obrazovka o úhlopříčce 63 cm má horizontálně 525 bodů a vertikálně 580 viditelných řádků. Z uvedeného může být vypočten prvek sdělovače. Při vzdálenosti pozorování 70 cm to odpovídá zornému úhlu 4,7 minuty, což je hodně nad požadovanou zrakovou ostrostí. Rozlišitelnost 1′ arc by odpovídala vzdálenosti pozorování 3,30 m. Vhodným prostředkem sdělování informací je užití alfanumerických a symbolických typů sdělovačů.

Parametry ovlivňující čitelnost alfanumerických sdělovačů se studovaly široce v posledních letech. Mezi základními výsledky experimentů je například zjištění, že výška symbolu by měla odpovídat úhlu alespoň 15′ arc a že nejméně pět prvků výšky je nezbytných ke složení alfanumerických podnětů (např. E vyžaduje tři linky a dvě mezery).

Uvedeme některá zjištění z výzkumu čitelnosti elektronicky generovaných číselných údajů. Vartabedian (1971) provedl podrobnou studii, ve které zkoumal čitelnost různých typů písmen a číslic (obr. 20). Hlavní výsledky jeho experimentů jsou tyto:



Obr. 20 Různé typy elektronicky generovaných písmen a číslic použitých při inženýrsko-psychologickém výzkumu.

1. Subjektivní a objektivní posuzování různých typů písmen a číslic ukazuje značné rozdíly. Pokusné osoby preferují kaligrafické, vektorově generované symboly, pravděpodobně vzhledem k dlouhodobé zkušenosti s těmito písmeny a číslicemi;
2. sedmi až devítibodová matrice ukazuje nejlepší výsledky. Matrice pěti až sedmibodová je o něco hůře čitelná;
3. šikmé symboly a body ve tvaru elipsy nemají být užívány.

V jiných výzkumech bylo zjištěno, že hlavními faktory ovlivňujícími čitelnost jsou:
1. obrysová ostrost;
2. rovnoměrnost emise světla;
3. stejnorodost pozadí.

Tyto požadavky mohou být nejlépe uspokojeny použitím symbolů složených z bodů. Používají se však také segmentové zobrazovací jednotky (obr. 21). Technika generování číslic, intenzita a barva mají význam



Obr. 21 Ukázka různých typů segmentových zobrazovacích jednotek

spíše druhotný. Opět byly zjištěny rozdíly mezi subjektivním a objektivním pořadím různých typů. Reflexe nebo současné osvětlení částí jiných symbolů v daném poli mohou značně porušovat čitelnost. Navrhování obrazových symbolů je ovšem komplexnější.

Požadovaná úroveň rozlišitelnosti objektu může být vyjádřena jako detekce (objekt je přítomen), rekognice (objekt se jasně odlišuje od jiného objektu), identifikace (je to určitý typ objektu). Protože se obrazové objekty liší co do složitosti a struktury, není možné obecně uvést, kolik skladebných prvků je potřeba v různých případech.

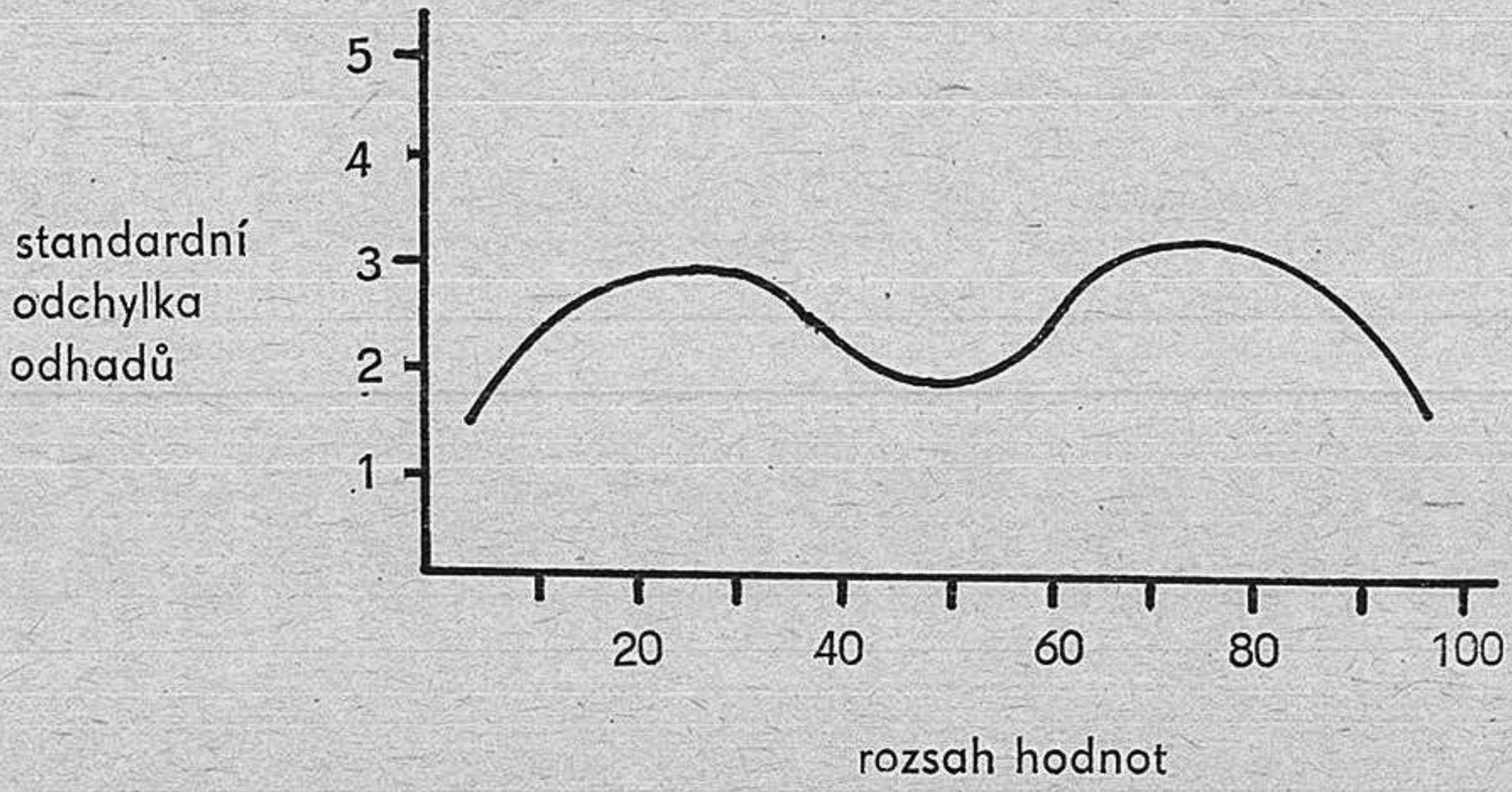
Uspořádání analogových stupnic

Uspořádání stupnic je ovlivněno charakteristikami zrakové ostrosti. Na základě experimentálních výsledků o statické zrakové ostrosti (Murell, 1969) se dospělo k závěru, že mezi dílky stupnice by neměly být menší vzdálenosti než 2,4′ arc. To vede k vyjádření:

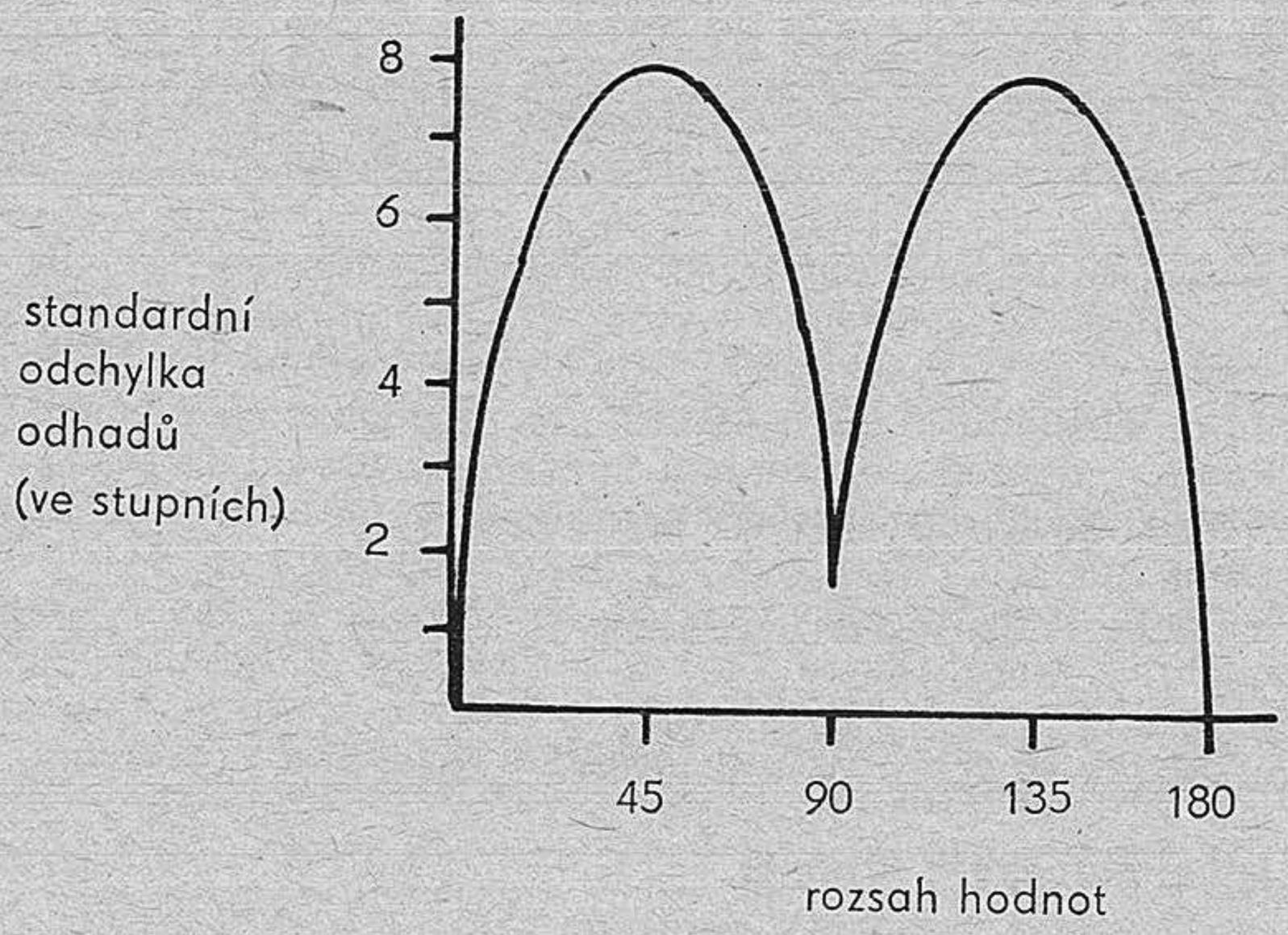
$$C\ [mm] \geq 7\ .\ 10^{-4}\ .\ D\ [mm],$$

kde D je vzdálenost oka od stupnice a C je minimální velikost mezidílku stupnice ve vztahu k 2,4′ arc.

Značení každého dílku na stupnici vede k nepřehlednosti. V běžné praxi se požaduje, aby operátor neinterpoloval více než polovinu mezi čárkami vymezujícími jednotlivé dílky. Experimentální výsledky ukazují (obr. 22 a 23), že interpolaci lze provádět velmi přesně. Pro stupnici



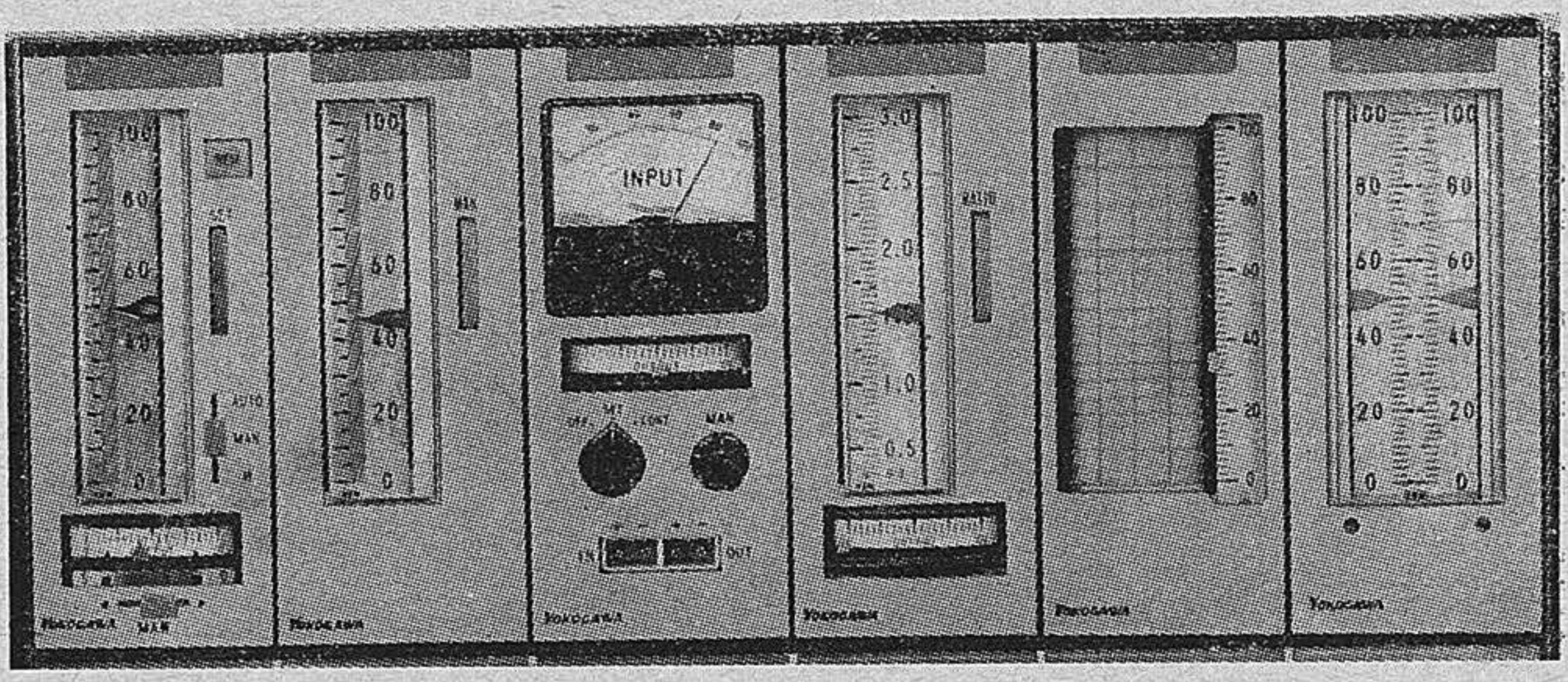
Obr. 22 Přesnost lineární interpolace na stupnici dlouhé 12,7 cm bez označení dílků. Uprostřed stupnice se interpolace nápadně zpřesňuje



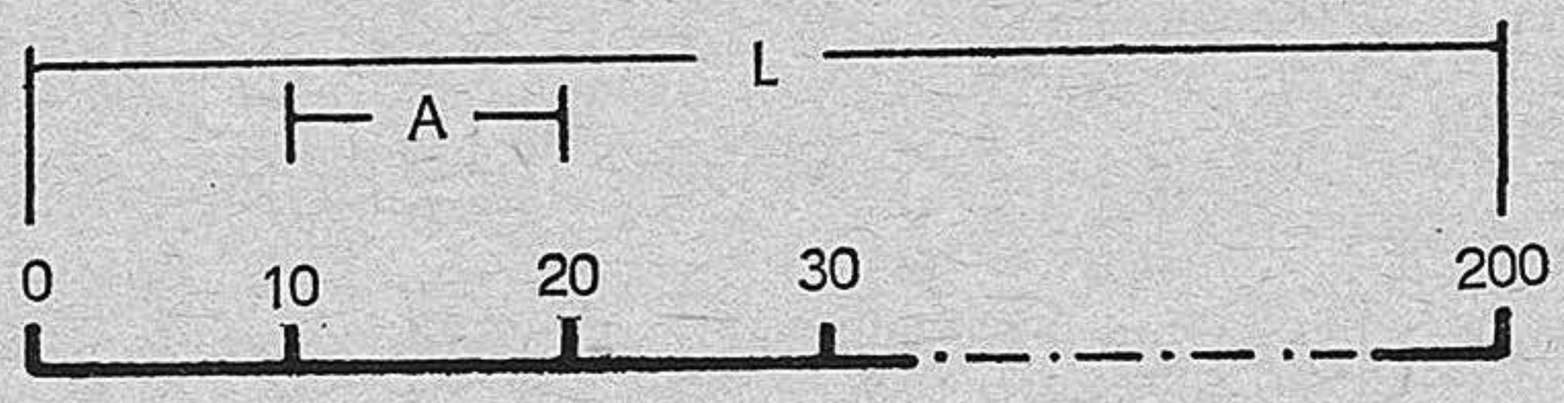
Obr. 23 Přesnost interpolace při určení úhlu odklonu linky 1 cm dlouhé. Úhly v rozsahu 180° jsou odhadovány bez označení dílků. Interpolace je nejpřesnější u extrémních hodnot a uprostřed

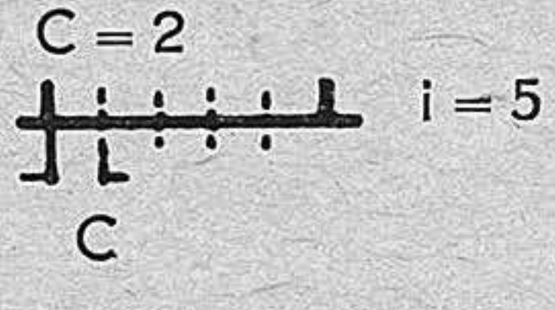
dlouhou 12,7 cm, v níž má být interpolováno 100 dílků, nebyla žádná chyba větší než 12 dílků (obr. 22). Interpolace pětin by byla bez chyb. Výsledky pro lineární a úhlovou interpolaci jsou srovnatelné (obr. 23).

Máme-li na zřeteli přesnou interpolační činnost člověka, musíme si uvědomit, že je pro různé návrhy stupnic různá (obr. 24). Dobrý návrh stupnice by měl být uspořádán tak, jak je uvedeno na obr. 25. Vyznače-



Obr. 24 Ukázka různých druhů stupnice (pohyblivé i nepohyblivé ručičky, pohyblivé i nepohyblivé stupnice, různé uspořádání stupnic a dílků)





Obr. 25 Uspořádání analogových stupnic. C označuje dílek stupnice. Parametr *i* označuje počet interpolací, které má pozorovatel provádět

ny jsou pouze čárky vymezující jednotlivé dílky, v nichž se dále interpoluje $A = i\,c$, kde i představuje počet mezidílků stupnice, jež mají být interpolovány $i = 3, 5, 10$. Celkový rozsah stupnice je $L = m\,A$, kde m znamená počet dílků.

Příklad: Stupnice *A* obsahující 200 mezidílků by měla být navržena pro přesnost čtení dvou mezidílků, tj. 1 %. Když $C = 2$, $i = 5$, $D = 100$ *cm*, pak je výsledek:

$C = 7 \,.\, 10^{-4} \,.\, 100 = 0{,}07$ *cm*	odpovídá 2 mezidílkům
$A = 5 \,.\, 0{,}07 = 0{,}35$ *cm*	odpovídá 10 mezidílkům
$L = 20 \,.\, 0{,}35 = 7$ *cm*	odpovídá 200 mezidílkům

Pro praktické použití by měl být tento minimální rozměr, platný pro optimální podmínky, dvakrát až třikrát předimenzován, aby se kompenzoval nižší jas, kontrast a podmínky oslnění.

Návrh stupnice, kde ukazatel (ručička) se pohybuje, má značný vliv na přesnost čtení. Počet chyb vzrůstá, jak lze očekávat podle charakteristik dynamické zrakové ostrosti, ale vzestup může být přisouzen zčásti snížené ostrosti v důsledku pohybu ukazatele. Charakteristiky očních pohybů a různé percepční procesy se tak mohou podílet na uvedeném jevu. Dalším zjištěním je, že hodnoty na horizontální stupnici jsou v dynamických podmínkách nadhodnocovány, zatímco na vertikální stupnici jsou nadhodnocovány nebo podhodnocovány v závislosti na směru pohybu ukazatele (Schubert, 1975).

Rozlišování prostorových a časových diferencí za různého jasu

K odhadu absolutní úrovně jasu v zorném poli oko není dobře přizpůsobeno. Velikost podnětu a osvětlení okolí navozuje zrakové iluze. Příklady takového jevu jsou známy při pozorování objektů stejného jasu na odlišném pozadí. Jestliže jsou umístěny obdélníky objektivně stejného jasu na tmavém a světlém pozadí, pak obdélník na tmavším pozadí vnímáme jako jasnější. Vnímání je ovlivněno simultánním kontrastem s bezprostředním okolím.

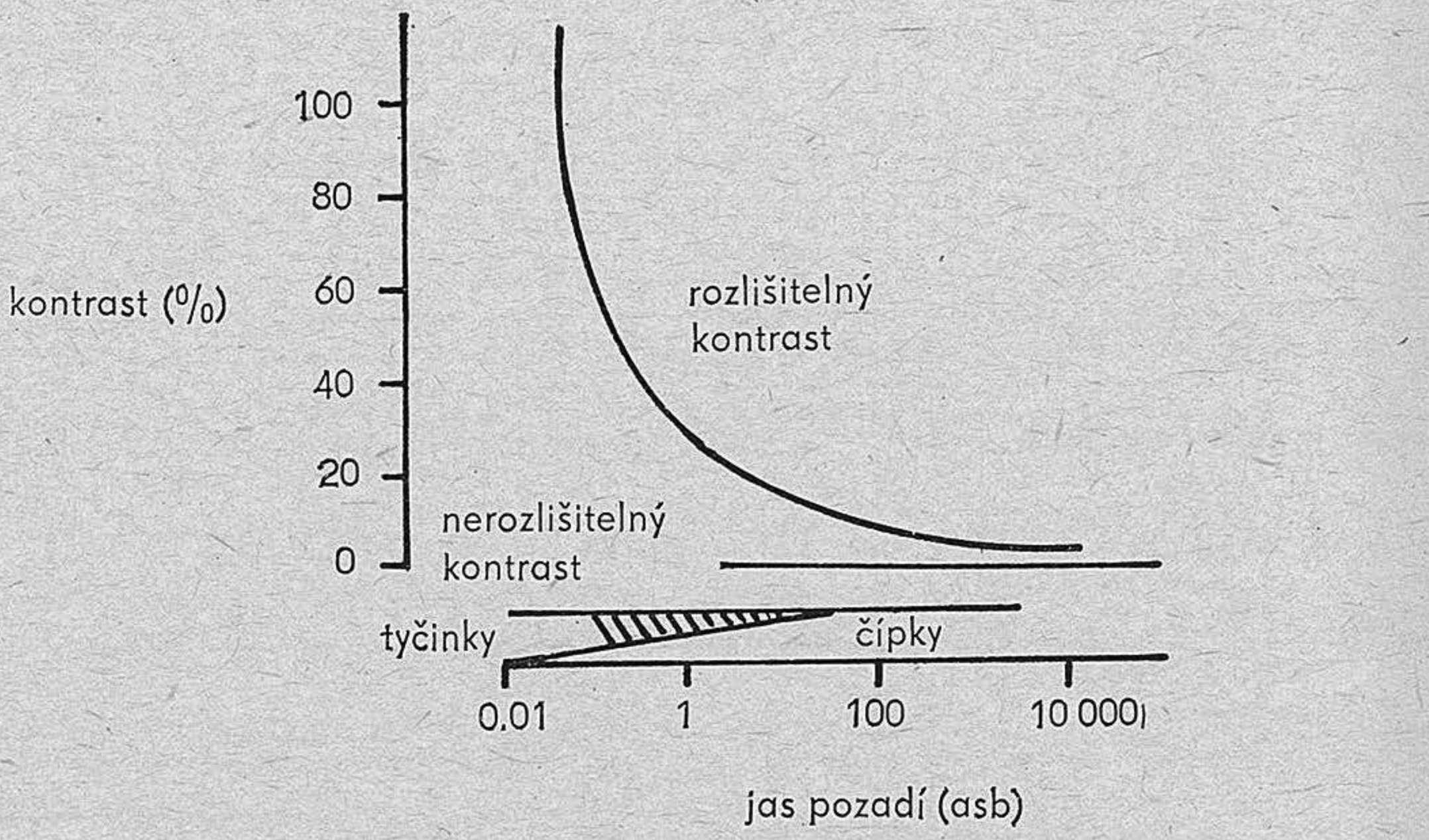
Rozlišování kontrastu

Kontrast je definován jako místní rozdíly jasů:

$$C = (L_1 - L_2) \,/\, L_2 \,.\, 100 = \triangle L /\, L_2 \,.\, 100\ [\%],$$

kde L_1 = jas podnětu a L_2 = jas pozadí. Kontrast může být pozitivní nebo negativní, protože podnět může být jasnější (+) nebo tmavší (—) než pozadí. Znaménko kontrastu nemá významný vliv na vnímání.

Rozlišení místních rozdílů jasu závisí především na úrovni celkového jasu v zorném poli. Při rozlišování kontrastu se zejména uplatňují čípky sítnice. Klesá-li jas na úroveň, kdy se dosáhne mezopického (soumračného) vidění, prahový kontrast ukazuje exponenciální zvýšení. Pro 0,1 asb prahového jasu jsou rozlišitelné pouze kontrasty nad 70 %. Práh je nejnižší za podmínek denního světla, kdy kontrasty tak nízké jako 3 % mohou být snadno rozlišeny (obr. 26).



Obr. 26 Rozlišení prahového kontrastu závisí na úrovni adaptace. Rozlišení je nejlepší při fotopickém (denním) vidění, kdy jsou v činnosti čípky

Oslnění

O oslnění se hovoří v souvislosti se zrakovou ostrostí. Oko se nejlépe adaptuje na střední jas. Při použití přirozeného i umělého zdroje světla k osvětlení objektu část světla přichází do oka přímo a vede ke zvýšení jasu uvnitř oka. Tento jas snižuje kontrast. V extrémních případech, když světlost v zorném poli se stává příliš vysokou, dochází k oslnění a zrakové funkce jsou narušeny.

Můžeme rozlišit několik druhů omezujícího oslnění:

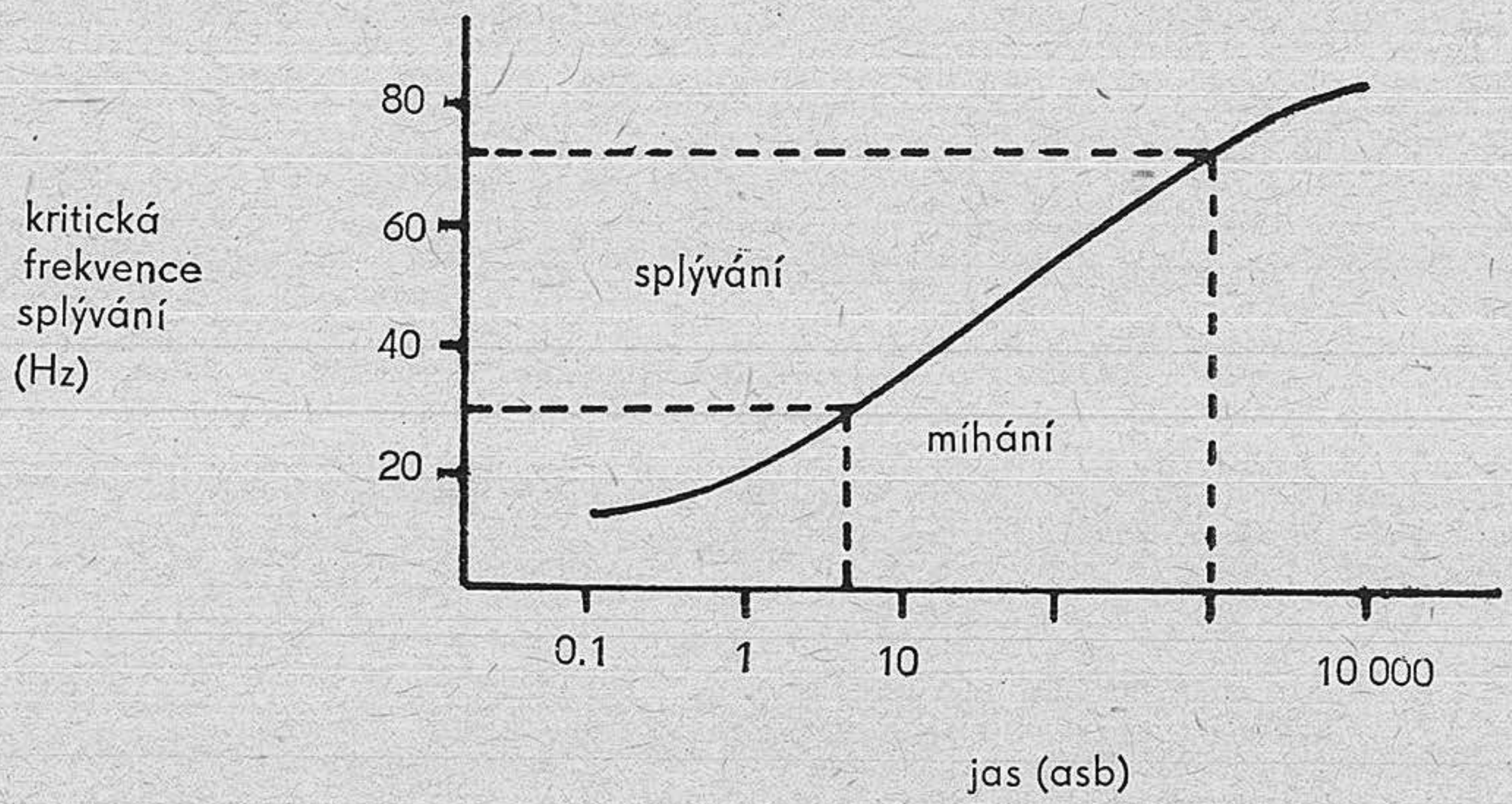
1. adaptační oslnění, které se vztahuje k přechodné změně úrovně jasu. Oko se normálně adaptuje k úrovni, která je rovna průměrnému jasu v zorném poli;
2. relativní oslnění nastává při kontrastu nad 100 : 1, což nelze kompenzovat místní adaptací na sítnici;
3. absolutní oslnění se vztahuje k velmi vysokým úrovním jasu.

Existuje řada metod ke snížení nebo zábraně oslnění a k výraznějším změnám kontrastu, např. užití různých druhů filtrů. Oslnění může být často odstraněno tak, že se sdělovač upraví určitým způsobem, nebo se použijí speciální elektrooptické či jiné brýle.

Percepce míhání

Přechodné změny jasu vedou k počitkům míhání (blikání). Míra přerušování podnětů, která odpovídá bodu přechodu počitku míhání v počitek nepřerušovaného světla, se nazývá kritická frekvence splývání.

V rozsahu mezi 10 až 1000 asb je kritická frekvence splývání přibližně úměrná logaritmu jasu. Je to tzv. Ferry-Porterův zákon (obr. 27). Nějaký terč se musí opakovat 30krát za sekundu při pěti asb nebo 70krát za sekundu při 1000 asb, aby byl vnímán jako ustálený. Tento jev je dobře znám u televizních obrazovek, které mají tendenci k míhání při vyšších jasech.



Obr. 27 Kritická frekvence splývání jako funkce jasu (Ferry-Porterův zákon)

Oko je obecně citlivější na míhání při periferním vidění, jestliže je oblast míhání větší než 2°. Je-li např. v dozorně umístěno více obrazovek, pak obrazovka umístěná přímo před operátorem se může zdát ustálenější, zatímco na obrazovkách na periferii zorného pole jakoby docházelo k většímu míhání, i když všechny obrazovky mají stejnou frekvenci obrazu.

Zatímco míhání je třeba ve většině případů odstranit, záblesky jsou naopak velmi účinné pro navození pozornosti operátora. Podobně jako při vnímání pohybů záblesky mohou být snadno vnímány na periferii zorného pole. Doporučené frekvence záblesků jsou 1; 2,5 a 5 hertzů. Lze je dobře rozlišit, a proto mohou být užity současně.

Akomodační charakteristiky

Nejmenší vzdálenost, v níž ještě lze zaostřit pohled na objekt, je závislá na věku. Akomodace je značně závislá na jasu v zorném poli. Rovněž vlnová délka světla ovlivňuje akomodaci.

Změna zaostřování pohledu z blízka do dálky a naopak vyvolává snadno únavu a je náročná na čas.

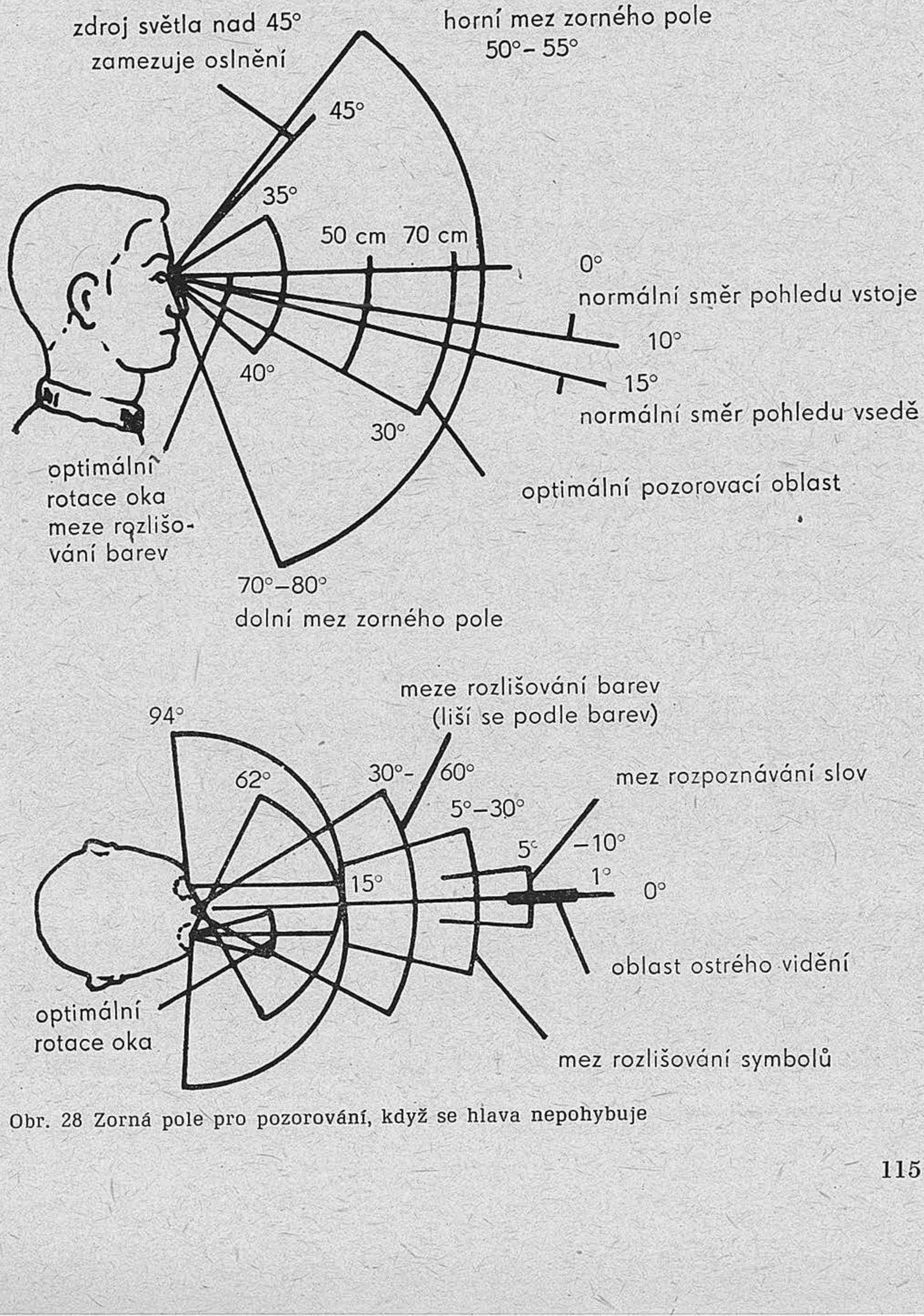
Adaptace na světlo a tmu

Ke zrakovému vnímání může dojít v rozpětí intenzity 14 log jednotek. Jestliže se intenzita světla mění, oko se musí přizpůsobit novým

podmínkám. Oko je citlivé na změnu v rozsahu 2 log jednotek se zpožděním nejméně 100 ms.

Adaptace na světlo, tj. přizpůsobení se zraku větším úrovním jasu, probíhá řádově v sekundách. Přizpůsobení na tmu vyžaduje 40 minut i více, aby se citlivost oka zvýšila pro požadovanou stimulaci na nižších světelných hladinách. Každé oko se může adaptovat na tmu samostatně.

V praxi dochází k mnoha situacím, kdy pozorovatelé jsou nuceni přenášet zrak z ploch značně osvětlených na plochy málo osvětlené. V ta-



Obr. 28 Zorná pole pro pozorování, když se hlava nepohybuje

kových případech je zrakový výkon silně ovlivněn dobou potřebnou k adaptaci na tmu.

Charakteristiky vidění

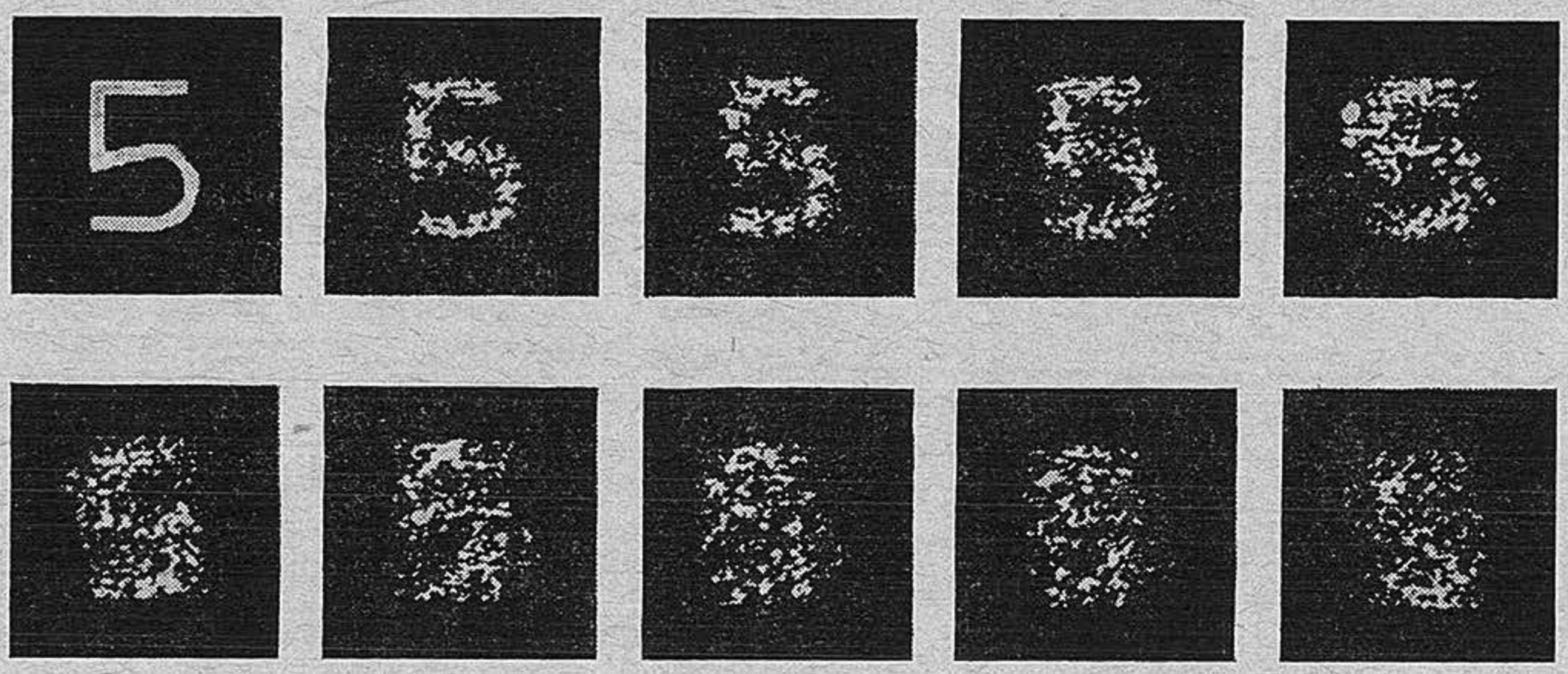
Zrakový výkon je jen částečně určen senzorickými charakteristikami. Zvláštnosti vnímání mohou mít pro optimální návrh sdělovače značný význam. Hlavní aspekty, které musíme uvažovat, jsou: funkční uspořádání zrakového pole, důsledky zákonitostí vnímání, metody kódování informací a principy integrace na sdělovačích.

Rozměr a uspořádání pole sdělovačů by se měly přizpůsobit zornému poli a charakteristikám očních pohybů. Obrázek 28 ukazuje meze zorného pole, pokud se hlava nepohybuje. Ukazuje rovněž doporučené rozsahy pro rozložení sdělovačů. Je třeba si připomenout, že barevné vidění zahrnuje pouze omezenou část zorného pole.

Největší statická zraková ostrost je při centrálním vidění a nízká při periferním. Pro kompenzaci tohoto rozdílu mají význam dynamické charakteristiky očních pohybů. Ve zlomcích sekundy (20—50 milisekund) se oko může centrálně zaměřit na terč. Aby se mohly provést tyto sakadické pohyby přesně a bez následných korekcí, je třeba, aby hledaný bod byl viděn periferně před tím, než dojde k centrální fixaci. Během volného pozorování statických situací 99 % sakadických pohybů vykazuje amplitudu menší než 15 stupňů. Rozsah doby fixace je obvykle 0,2 až několik sekund.

Charakteristiky zrakového vyhledávání

Oblastí aplikace, kde rozsah zorného pole má značnou důležitost, je zrakové vyhledávání. V průběhu zrakového vyhledávání je určitá oblast prohlížena s cílem zjistit a určit určitý objekt. Pro rozlišení objektu je zapotřebí, aby se lišil vůči pozadí jasem, barevným kontrastem, tvarem, velikostí, strukturou, pohybovými nebo časovými charakteristikami. Vý-

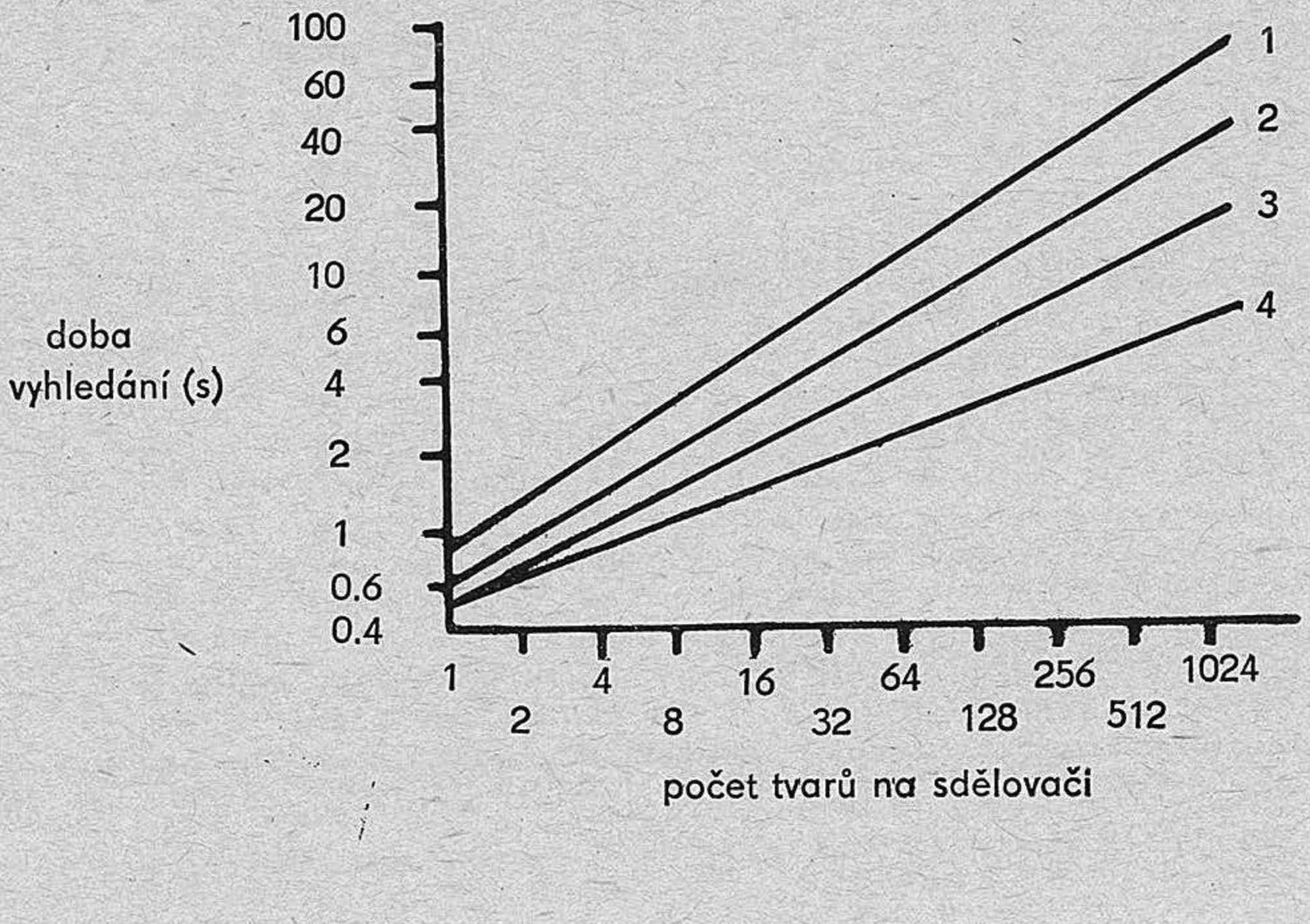


Obr. 29 Různý šum ovlivňuje rozpoznatelnost symbolů generovaných počítačem

konnost lidí při vyhledávání se často vyjadřuje dobou vyhledání objektu za určitých podmínek. Doba vyhledání je lineární funkcí rozsahu oblasti, jež musí být prohlédnuta, alespoň až do rozsahu oblasti vyjádřeného 30 stupni. Tento vztah platí jen pro jednoduché objekty. Okulomotorická aktivita během volného vyhledávání v nečleněném poli o rozsahu 30° je charakteristická asi třemi fixacemi za sekundu s průměrnou amplitudou 8,6 stupně. Doba fixací je asi 0,3 sekundy. Doba vyhledání má také lineární vztah ke kontrastu mezi objektem a pozadím. Čím větší je kontrast, tím dříve lze rozpoznat objekt, ovšem za předpokladu, že je vyloučeno oslnění.

Vyhledávání a rozpoznávání je vážně narušeno, jestliže sledovaná oblast je zaplněna pseudoobjekty nebo šumem (obr. 29). Byl např. analyzován vliv různého počtu náhodně rozmístěných kruhových pseudoobjektů při vyhledávání objektů (obrazců) různého tvaru (viz obr. 30).

Doba vyhledání se zvyšuje s počtem pseudoobjektů. Vyhledání objektů, které byly tvarem nejpodobnější kruhovým pseudoobjektům, bylo nejobtížnější. To může být způsobeno tím, že na objekty, které se odlišují svým tvarem od pseudoobjektů, je nutné se zaměřit centrálním viděním. Periferní vidění by nezajistilo jejich rozpoznání.

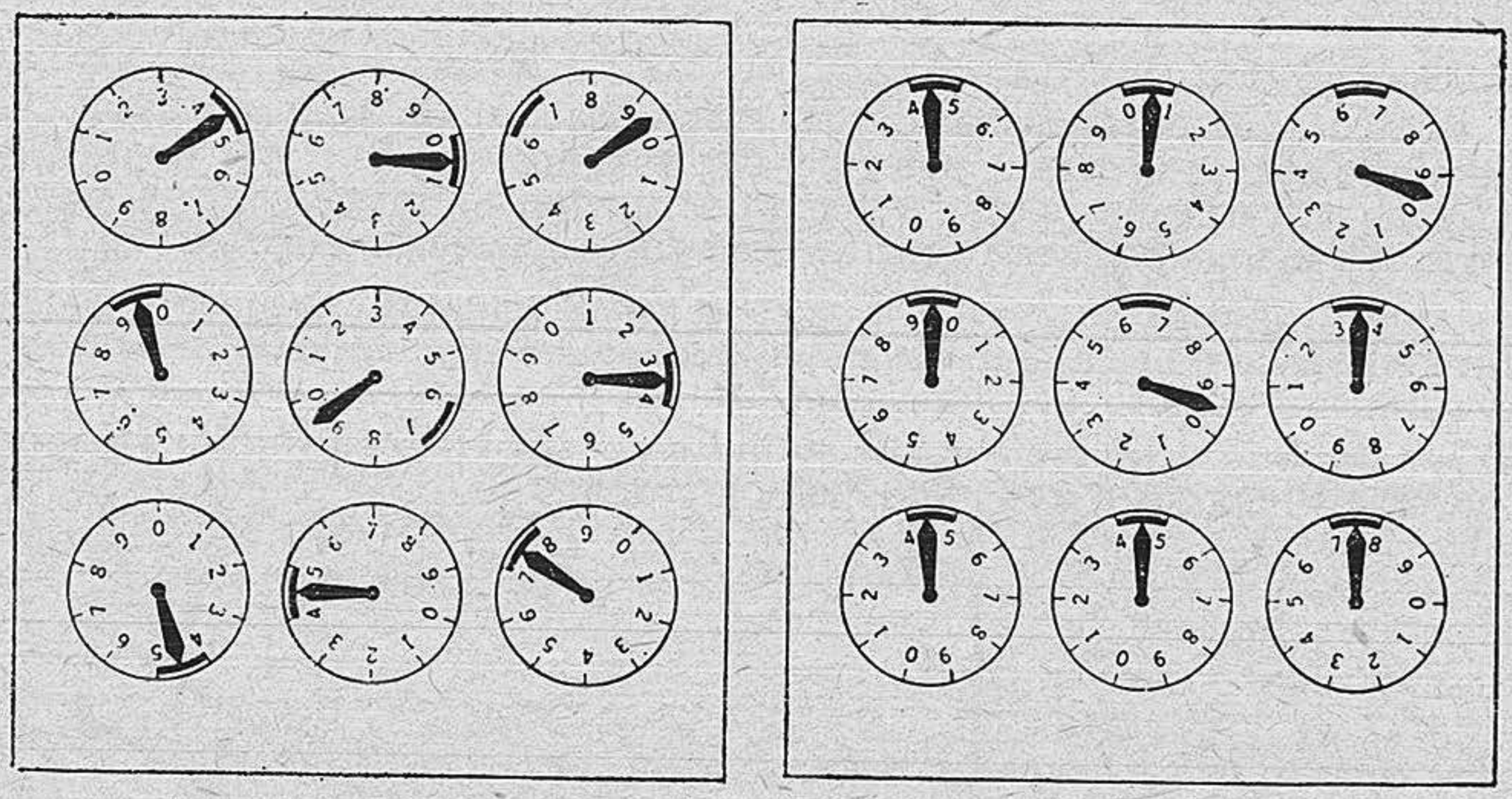


1 . . . hexagram
2 . . . pentagram
3 . . . čtverec
4 . . . trojúhelník

Obr. 30 Doba vyhledání různých tvarů objektů jako funkce počtu kruhových pseudoobjektů (podle Kraisse-Moraala, 1976)

Obrazová organizace zorného pole

Obrazová organizace zorného pole se řídí určitými percepčními pravidly, která ovlivňují pozorovatele, aniž si to běžně uvědomuje. Z těchto pravidel můžeme odvodit, že k určitým vjemům dojde spíše než k jiným, i když podněty jsou objektivně tytéž. To je třeba mít na zřeteli při rozmisťování a uspořádávání sdělovačů v zorném poli operátora (obr. 31).



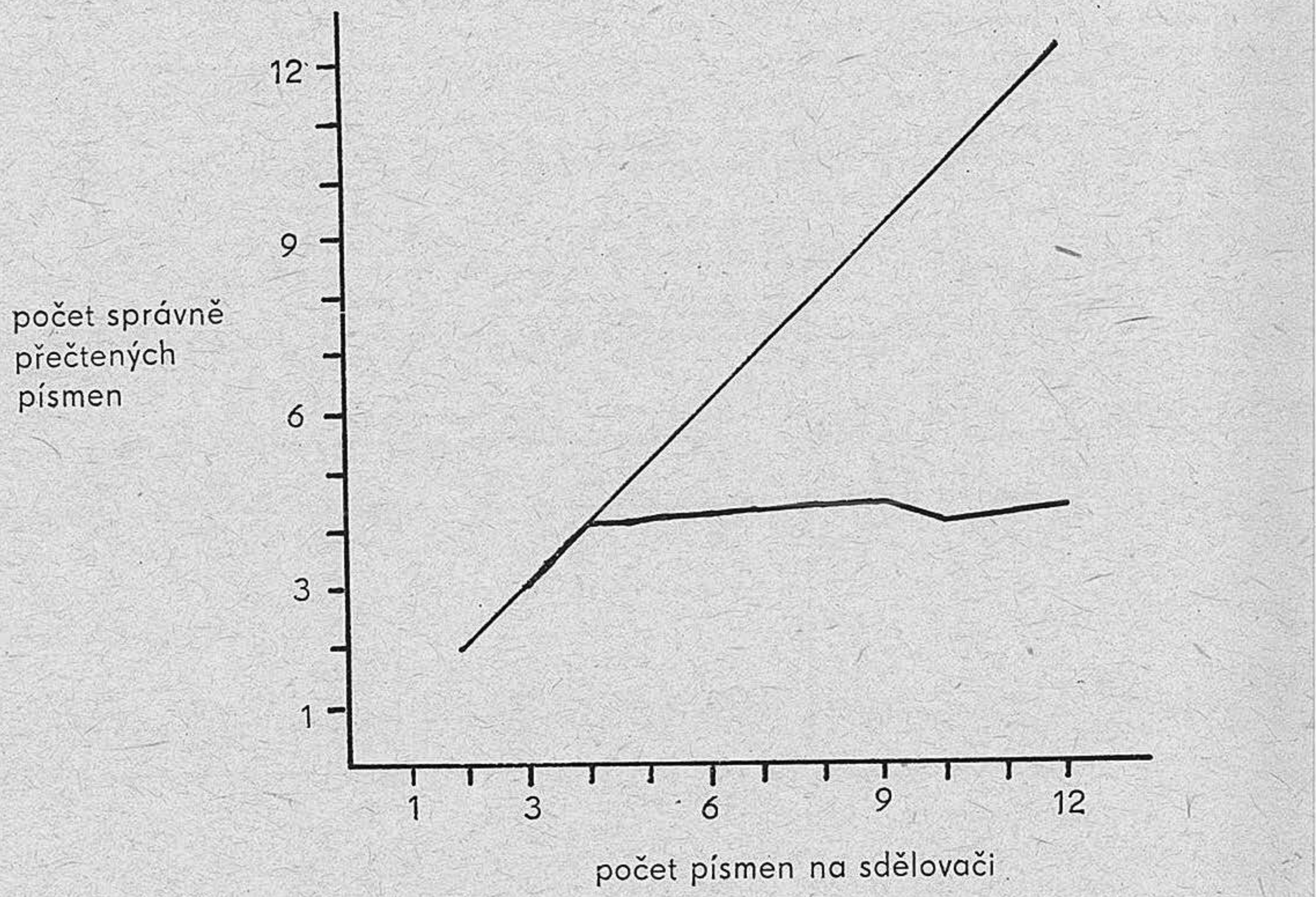
Obr. 31 Uspořádání optimálních pásem do jedné polohy na souboru sdělovačů vede k rychlejší a přesnější orientaci operátora

Základním článkem obrazové organizace je vydělení tzv. figury z pozadí. Při jakékoli nehomogenitě zorného pole dochází k percepčnímu oddělení těchto dvou částí. Toto oddělení je bezprostřední a zřejmé. Hranice mezi figurou a pozadím, kontura, je vnímána tak, jako by náležela k figuře. Figura je obvykle vnímána jako tvar a pozadí se jeví jako beztvaré. Barva poskytuje určité výhody, protože spojité oblasti téže barvy jsou obvykle spojovány s týmž objektem. Figura se zdá být blíže než pozadí a pozadí budí dojem, že pokračuje za figurou. Typická barva a tvar objektu mohou zjednodušit rozpoznání. Jestliže se pozorovatel intenzívně dívá na velkou homogenní mřížku, po nějaké době vnímá dílčí celky uvnitř struktury. Takové dílčí celky mohou být dost komplikované. Obvykle se jeví jako symetrické a měnlivé.

Omezení informačního procesu

Kapacita pro ukládání do paměti a znovuvybavení i řízení pohybů je značná. Existují však určité meze, které lze odlišit v jejich vztahu k času a prostoru (strukturální nebo kapacitní interference). Jestliže se krátce exponuje seznam více položek, lidé si nevybaví více než 5—8 takových položek.

Sperling (podle Kraisse a Moraala, 1976) prezentoval pozorovatelům vizuální displej na 50 milisekund. Použil písmen abecedy. Varioval počet písmen na jednom sdělovači od 3 do 12. Pozorovatelé obdrželi skórovací kartu, která byla uspořádána jako skutečný displej, a dostali instrukci, aby zapsali písmena do stejných míst, na nichž se objevila na sdělovači. Výsledky tohoto experimentu jsou uvedeny na obr. 32. Ukázalo se, že



Obr. 32 Počet správně přečtených písmen jako funkce počtu písmen na sdělovači

je možné správně ohlásit 3—4 písmena. Prodloužení doby expozice sdělovače (obr. 33) nevedlo k podstatnějšímu zlepšení výkonu.

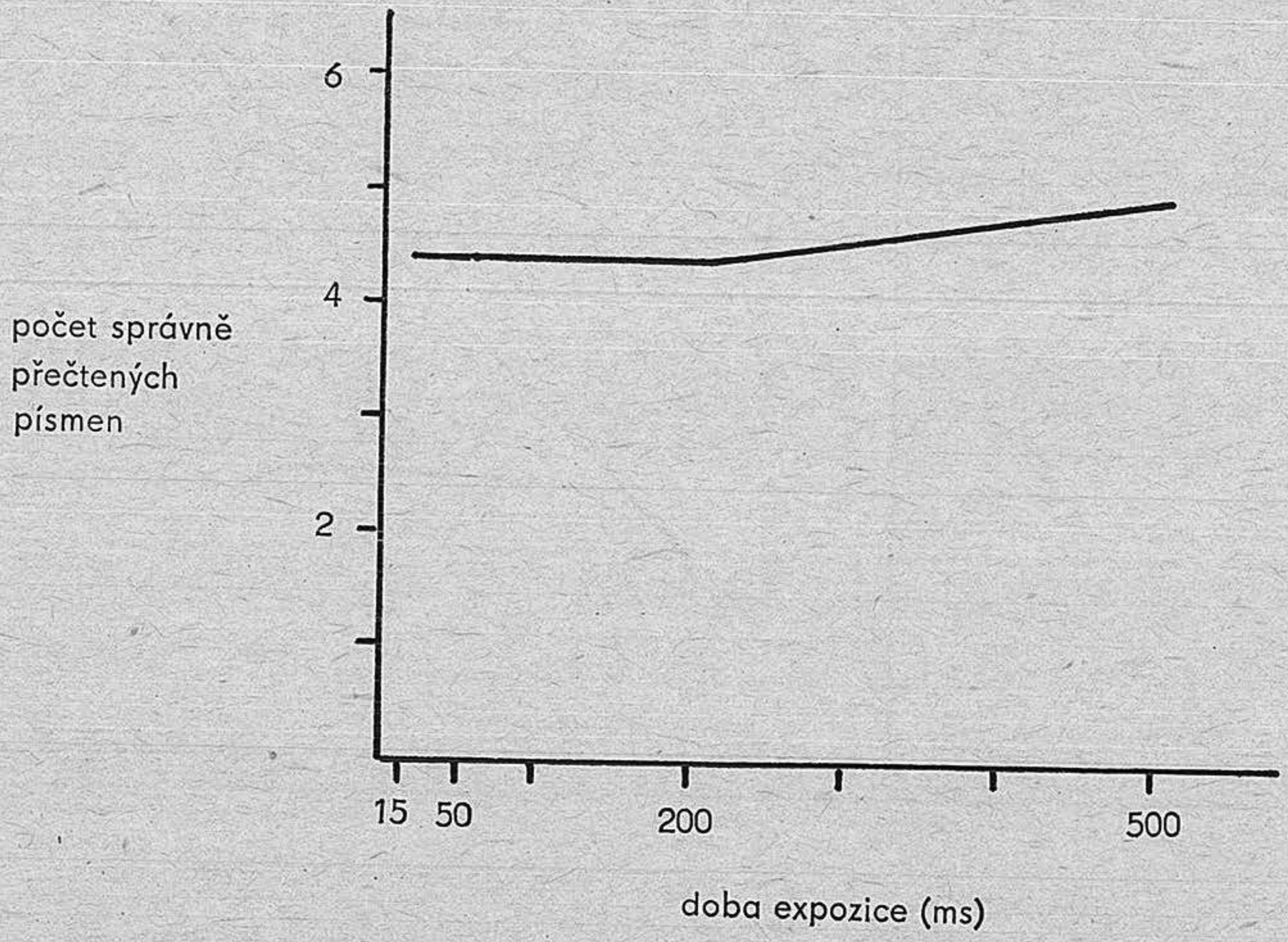
Lze předpokládat, že reakční doba, tj. časový interval, se skládá z následnosti nezávislých procesů nebo stadií. Každé stadium má vstup od předchozího stadia a vytváří dílčí transformaci informace.

Předpokládejme, že faktor *F* odpovídá informaci na displeji, faktor *G* kompatibilitě (shoda, soulad) mezi displejem a ovladačem. Předpokládejme dále, že se užívají dva typy displejů a že jsou dvě úrovně kompatibility. Pak měříme reakční dobu ve všech čtyřech kombinacích. Jestliže tyto dvě úkolové proměnné ovlivňují různé procesy, projeví se to na sobě nezávislými vlivy na celkové reakční době. Mulder (podle Kraisse a Moraala, 1976) prokázal, že čím je větší kompatibilita mezi sestavami podnětů a způsoby reagování, tím jsou reakční doby kratší.

Některé z nejdůležitějších principů, které ovlivňují organizaci a vztahy částí sdělovačů, jsou následující:

1. blízkost — skupiny jsou tvořeny z částí, které jsou prostorově nebo časově sobě blízké;
2. podobnost — skupiny jsou tvořeny z částí, jež jsou si podobné;
3. dobré pokračování — obrazec je vnímán jako dvě křivky, které se protínají;
4. uzavřenost — neuzavřené kontury obrazců se ve vjemu doplňují.

Podle principu blízkosti by se např. měl uspořádat panel jednotně tvarovaných částí do funkčních podskupin.

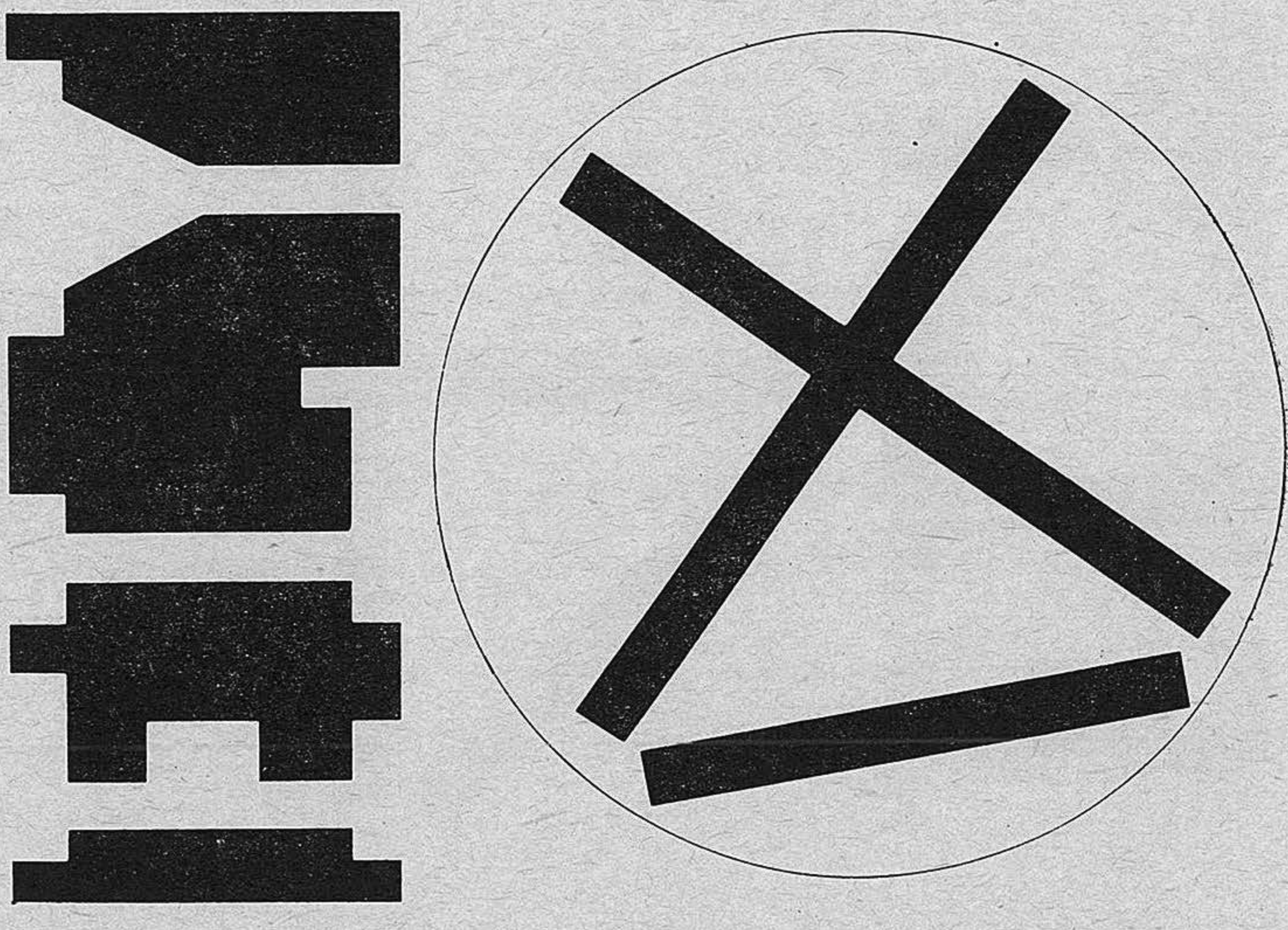


Obr. 33 Počet správně přečtených písmen jako funkce doby expozice

Kontext je dalším důležitým činitelem určujícím obrazovou organizaci, protože umožňuje určit význam symbolů a může pomoci procesu informace. Při pohledu na obrázek 34 zpravidla nejprve vnímáme černé plochy, které nevedou k dekódování informace a reverzibilní (bílá) písmena zanikají. Na zamaskování informace má podíl i posun polohy čísla čtyři. Takovouto informaci by bylo obtížné dekódovat např. i v prostředí letiště. Informaci uvedenou na obr. 35 lze však v prostředí letiště dekódovat snadno (FLY = letět).

Zásady pro volbu a uspořádání sdělovačů

Pro uspořádání různých sdělovačů na panelu lze využít dvou přístupů: analytických návrhových metod i testových a hodnotících metod.



Obr. 34 Vjem černých ploch nevede k dekódování informace

Analytické metody pro návrhy panelů se užívají v procesu vývoje systému. Můžeme je odvodit z různých analýz informací a požadavků operátorů na sdělovače. Tyto analýzy vedou k určitým výsledkům, jako: druh a množství dat, relativní význam, frekvence užití, chyby čtení a meze doby reakce.

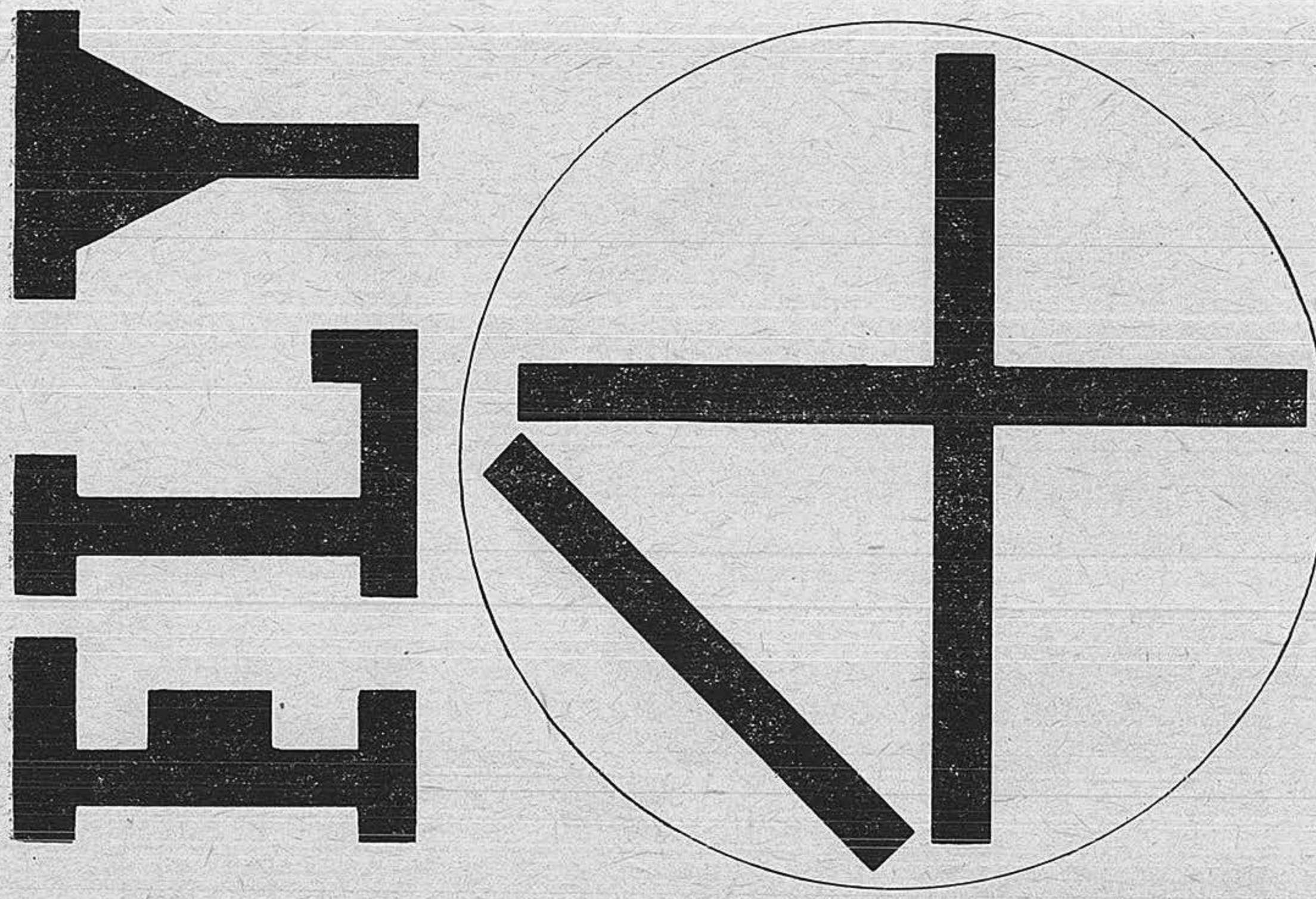
Tyto analýzy mohou být doplněny testovými a hodnotícími metodami. Jako empirické míry pro hodnocení simulovaného návrhu panelu lze užít měření výkonů, míry pracovní zátěže a měření očních pohybů.

Někdy ani optimální návrh panelu nedosáhne toho, aby na sdělovačích bylo možné všechny důležité údaje obsáhnout centrálním viděním. Aby se zajistilo, že všechny podstatné části panelu budou pravidelně sledovány, je třeba vhodně strukturovat vyhledávací postup operátora.

Jedním ze způsobů je např. zvýraznění sdělovače nebo skupiny přístrojů tvarem, velikostí, uspořádáním apod. (Křivohlavý, 1960 b).

Integrace sdělovačů

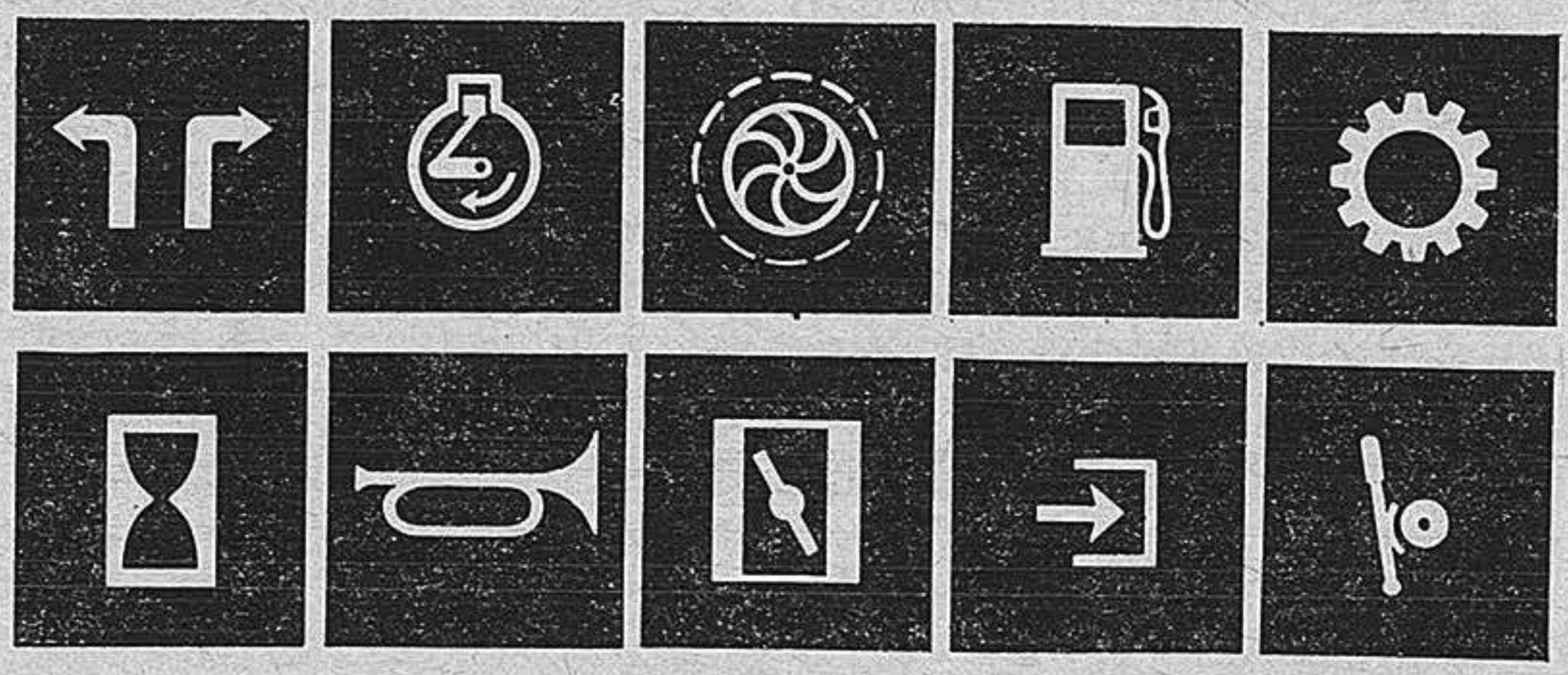
Cílem integrace sdělovačů je účinnější využití centrálního vidění a zvýšení výkonnosti operátora. Integrace některých složek sdělovačů na



Obr. 35 Vjem černých ploch vede k dekódování informace

panelech je usnadněna užitím elektronických sdělovačů, u nichž již nejsou mechanická a rozměrová omezení vlastní starším přístrojům.

Jednoduchý a vhodný přístup je kombinace údajů jednotlivých sdělovačů do menšího počtu sdělovačů s cílem dosáhnout větší hustoty. Kimmel (1976) experimentálně srovnával tři sdělovače, které podávaly tutéž informaci, ale na různých stupních kombinace a integrace. Úlohou bylo udržet pomocí nezávislých řídících obvodů ukazatel uprostřed



Obr. 36 Příklad deseti symbolů, jejichž identifikaci zkoumala M. C. Cahillová (1975). (Zleva nahoře: signály zatáčení vlevo a vpravo, počet otáček za minutu, ventilátor, palivo, převodovka, doba chodu, houkačka, sytič, řazení, ruční brzda)

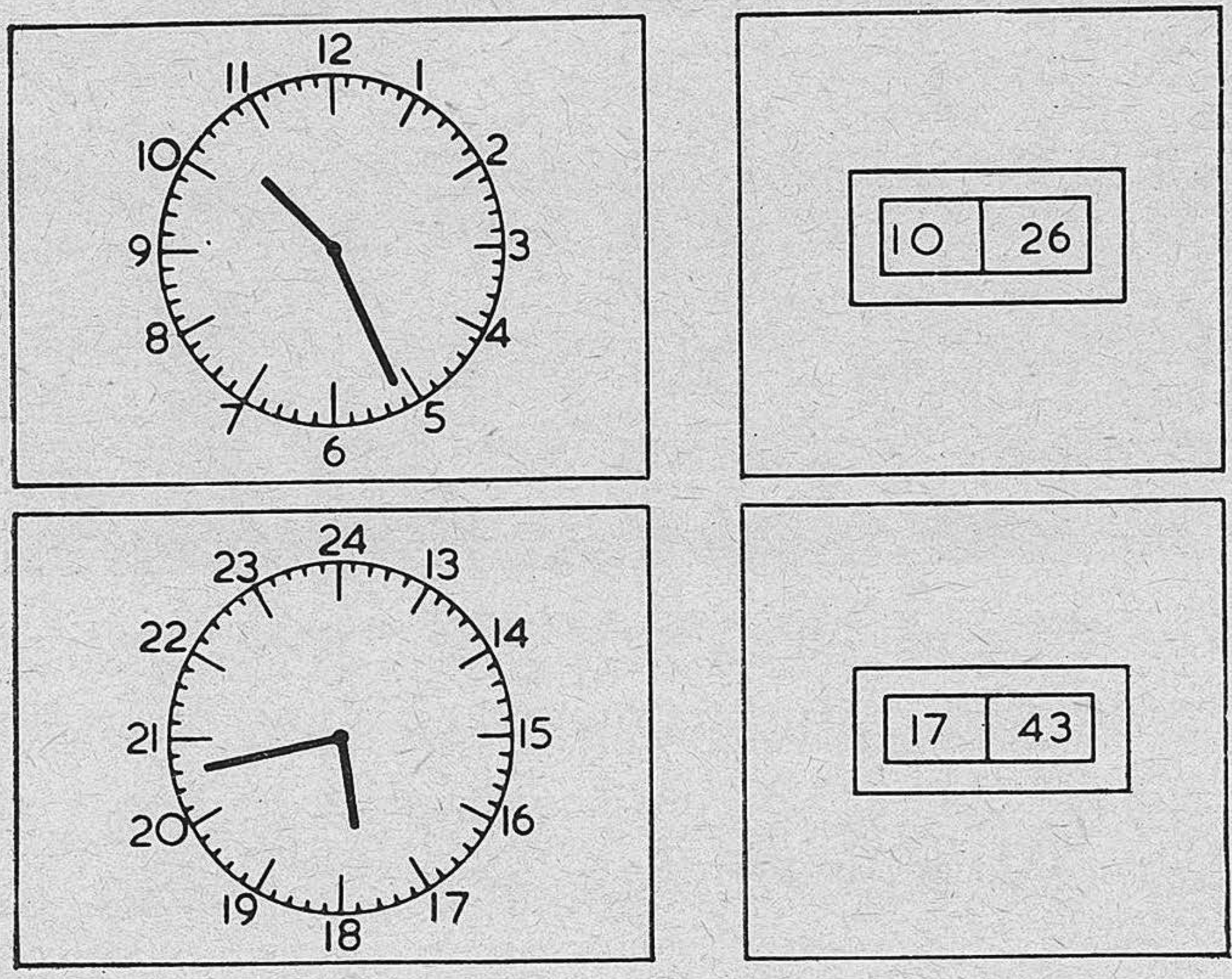
stupnice. Z chyb stopování lze uzavřít, že výkonnost operátora se asi o 30 % zlepší při vhodné integraci sdělovačů.

Kódování informace

Správná volba kódu může podstatně zvýšit výkonnost systému. Při volbě kódu je třeba uvažovat tyto faktory:

1. požadovanou přesnost a rychlost zrakového úkolu;
2. snadnost rozlišení jednotlivých druhů kódů;
3. snadnost interpretace;
4. slučitelnost s jinými informačními kódy;
5. vhodnost kódu pro určitý druh sdělovače;
6. míru zátěže operátora;
7. snadnost realizace.

Projektant může vybrat různé kódovací způsoby, které jsou vhodné. Nejčastěji užívaným druhem kódování je tvar. Kromě dobře známého alfanumerického způsobu (vzorky kolem 45 znaků) lze užít značného množství abstraktních nebo obrazových symbolů. Z praxe je známé, že současné užití více než 15 abstraktních symbolů vyžaduje speciální instruktáž operátora. Vybrané kódy by měly určitý objekt vystihovat, měly



Obr. 37 Podnětové předlohy k výzkumu čitelnosti konvenčních a digitálních hodin

by být snadno odlišitelné a měly by podněcovat požadované asociace (obr. 36).

Základní při volbě typu sdělovače je to, zda analogová nebo digitální prezentace je vhodnější pro splnění dílčí úlohy. Analogový sdělovač ukazuje kontinuitní změnu sledovaného parametru v daném rozsahu. Skutečné hodnoty v tomto rozsahu jsou kvalitativně indikovány s určitou přesností polohou ručičky na stupnici. Digitální sdělovač neukazuje kontinuitní změnu, ale diskrétní hodnoty zaokrouhlené s požadovanou přesností. Příklady obou druhů sdělovačů jsou na obr. 37. Odčítání časových údajů na digitálním typu sdělovače je rychlejší a přesnější (Sinclair 1971). Je možné oba druhy sdělovačů také spojovat do hybridního typu (obr. 38 a 39). Analogové sdělovače je vhodné použít ze-



Obr. 38 Užití segmentových zobrazovacích jednotek na sdělovači

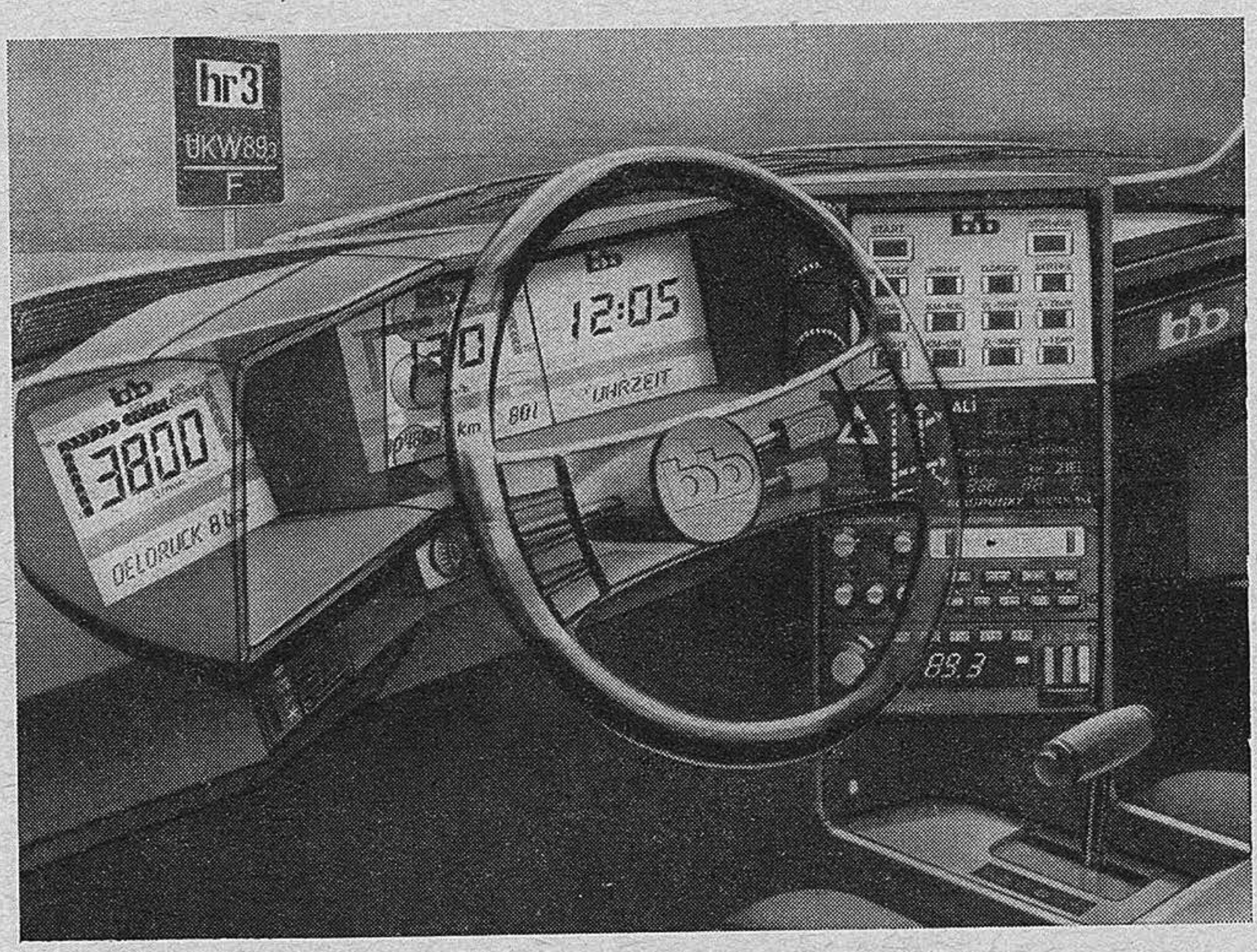
jména při úlohách, jež vyžadují srovnávání parametrů a při úlohách ručního řízení. Hybridní sdělovač může v určitých případech kombinovat relativní přednosti obou typů.

Vícerozměrné kódování

Jestliže se užije jen jedna dimenze, např. je-li tvar užit pro jednu řadu významů (např. čtverec znamená loď, trojúhelník letadlo aj.), je kód jednorozměrný. Běžně se však používá několik kódů na sdělovači,

aby se zlepšil přenos informace. V tom případě však jde o vícerozměrnou kódovací situaci. Rozlišujeme dva druhy vícerozměrného kódování: vícenásobné jednorozměrné kódování a redundantní kódování.

Vícenásobné jednorozměrné kódování znamená, že se užívá několika jednorozměrných kódů na témž sdělovači. Příkladem toho je kombinace jednoduchých alfanumerických a grafických symbolů v omezené oblasti sdělovače. Tak mohou být operátorovi předávány celé zprávy.



Obr. 39 Návrh elektronické přístrojové desky automobilu

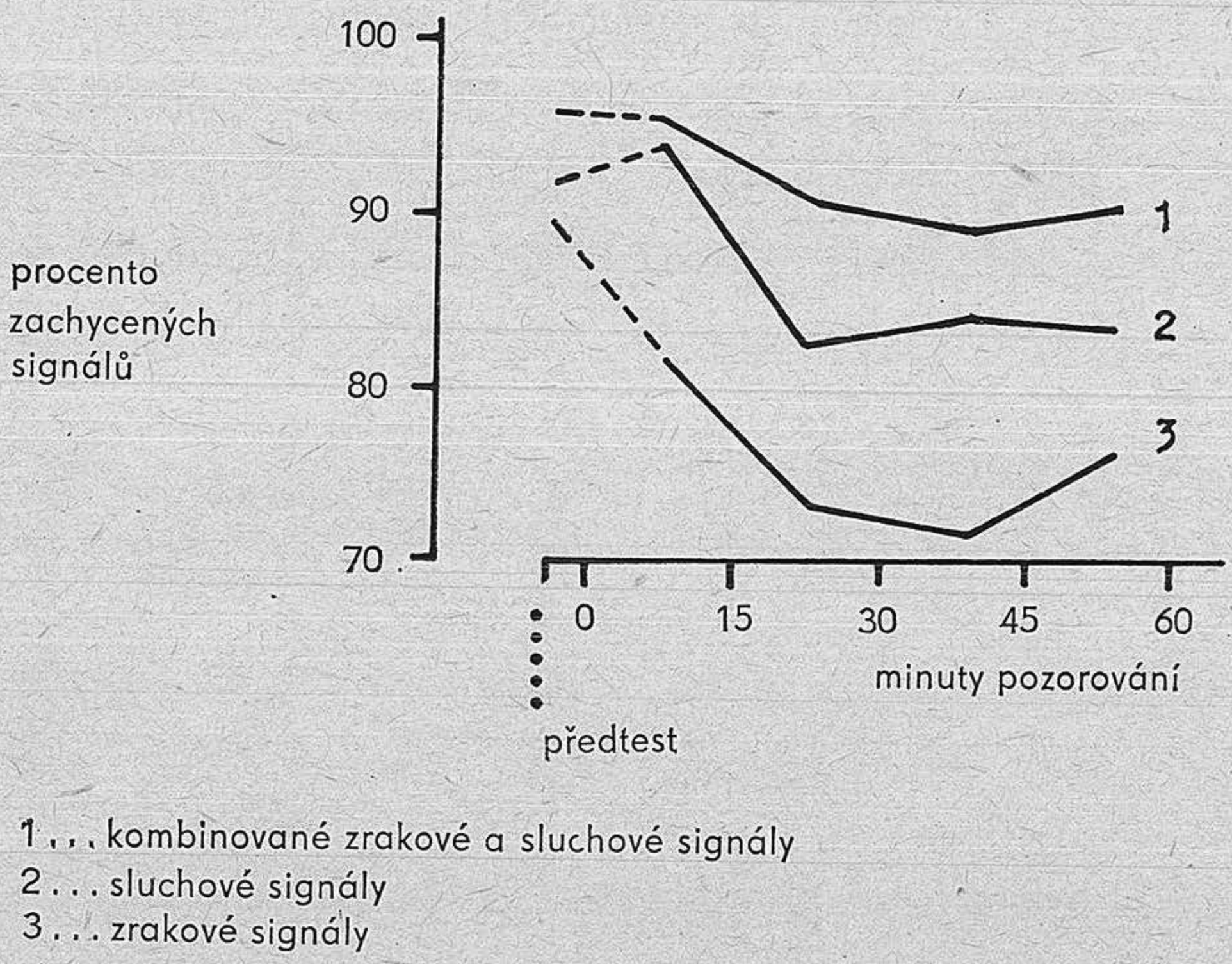
Redundantní kódování znamená, že se používá dvou nebo i více dimenzí kódování k vyjádření téže řady významů. Při redundantním kódování se operátorovi poskytuje identická informace různými percepčními způsoby. Informační přenos pak vzrůstá (obr. 40). Redundantní zrakový a sluchový signál se zachytí spíše než samostatný zrakový či sluchový signál. Jiný příklad redundantního kódování je dopravní světelná signalizace, kde „STOP“ je indikováno rozsvícením horního ze tří světel (polohou), které kromě toho ještě svítí červeně (barvou).

Funkční charakteristiky sdělovačů pro ruční řízení

Během ručního řízení je operátor bezprostředně spojen s řízenými prvky pomocí sdělovačů a ovládačů. Úloha člověka může být různého

druhu a sdělovače je třeba přizpůsobit úlohám operátora. Rozeznáváme dva hlavní druhy sdělovačů: povelové a plánovací.

Povelové sdělovače ukazují množství a směr řídícího signálu, který má vytvořit operátor (obr. 41). Jsou efektivní a vhodné zejména v těch aplikacích, kde se neočekávají nepředvídané změny řídících podmínek.



1 . . . kombinované zrakové a sluchové signály
2 . . . sluchové signály
3 . . . zrakové signály

Obr. 40 Spolehlivost zachycení signálů při užití alternativních (zrakových nebo sluchových) a redundantních (zrakových a sluchových) způsobů kódování

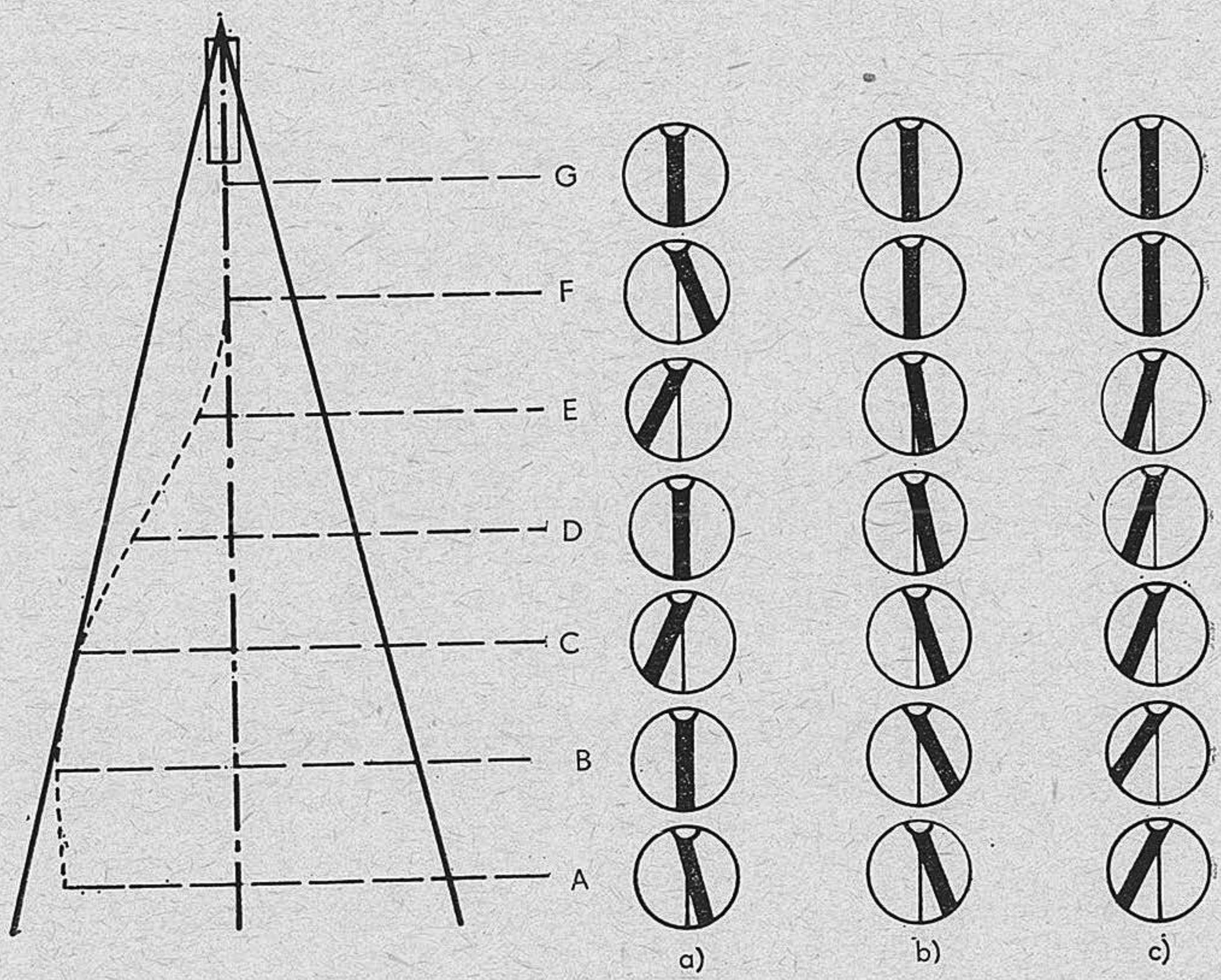
Dochází-li k takovým změnám, pak je vhodnější použít sdělovačů plánovacích, kde se může plně uplatnit flexibilita, přizpůsobivost a řešení problémů ze strany operátora. Navrhovat plánovací sdělovače je komplexní úloha. Takový sdělovač by měl obsahovat všechny informace, aby umožnil operátorovi rozhodovat mezi alternativami.

Plánovací sdělovače můžeme rozdělit do tří druhů podle času na: sdělovače současného stavu, sdělovače dřívějšího stavu a sdělovače predikční.

Sdělovač současného stavu vyjadřuje aktuální podmínky řízeného procesu. Požadované hodnoty jsou sdělovány ve vztahu k aktuálním hodnotám. U těchto sdělovačů funkci predikce přebírá operátor. To obvykle vyžaduje značnou zkušenost a výcvik.

Na radarové obrazovce můžeme stopu objektu pozorovat po určitou dobu. Takové sdělovače dřívějšího stavu pomáhají operátorovi snadněji extrapolovat průběh z minulosti do budoucnosti.

Predikční sdělovače jsou efektivnější než sdělovače dřívějšího stavu. Budoucí stav parametru se předpovídá pravděpodobně nebo i přesně. Aktuální, resp. požadované proměnné lze extrapolovat do budoucnosti. Predikce takto provedená usnadňuje práci operátora. To znamená, že se doba výcviku zkracuje a dosahuje se také větší přesnosti řízení.

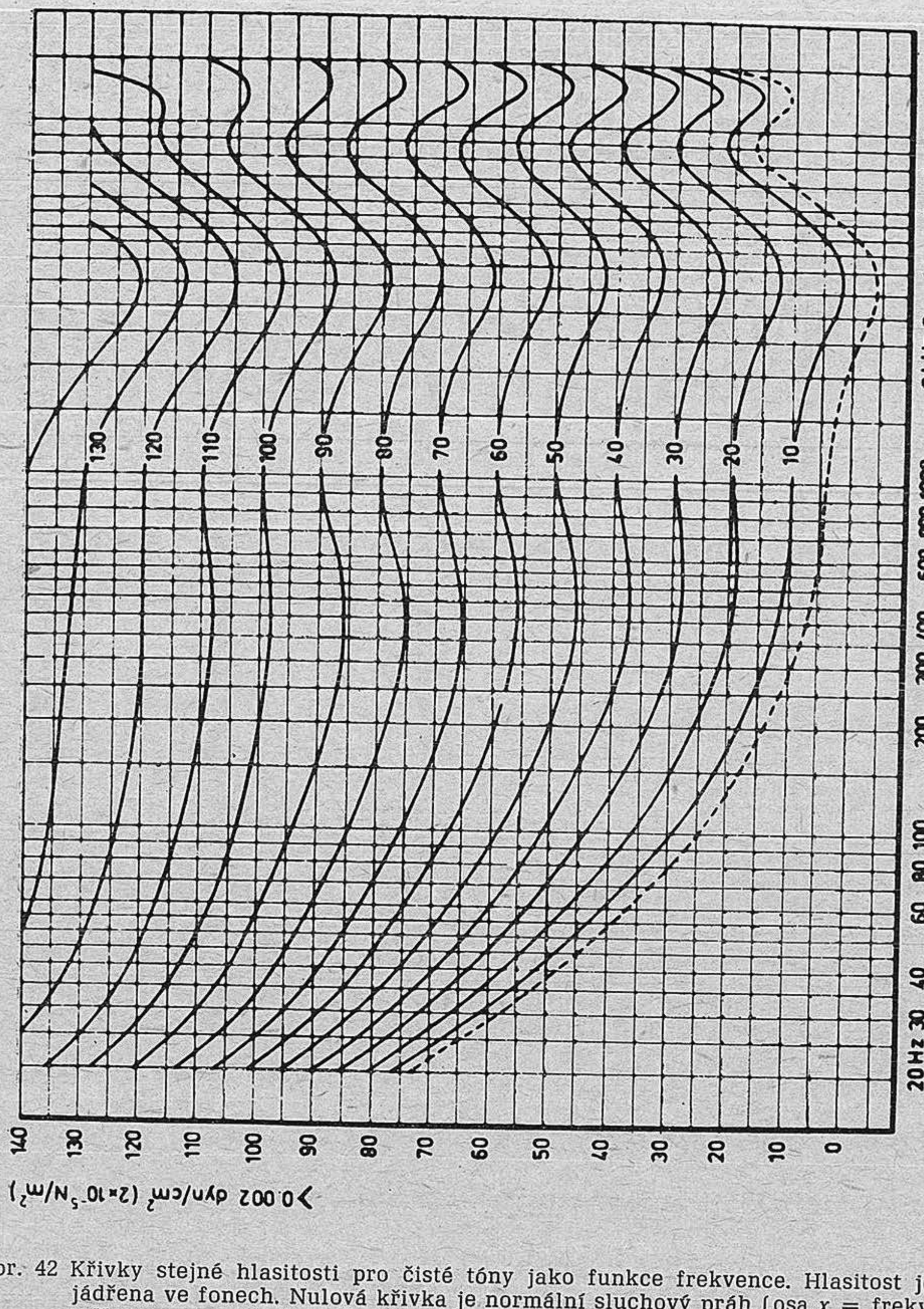


Obr. 41 Znázornění poloh letadla *A-G* k ose přistávací dráhy (— . — . —) na sdělovačích různého typu (*a* = povelový sdělovač, *b* = diferenční přepólovaný sdělovač, *c* = diferenční sdělovač)

2. SLUCHOVÉ VNÍMÁNÍ A AUDITIVNÍ SDĚLOVAČE

Při komunikaci člověk — člověk a člověk — stroj auditivní signály hrají velmi důležitou úlohu. Časové, spektrální a prostorové následnosti těchto signálů vytvářejí sdělení či výstražné signály. Použitím různých typů signálů, v různém pořadí a z různých směrů můžeme přenést specifickou informaci.

Řadu základních poznatků o sluchovém vnímání a příjmu auditivních informací lze získat v různých příručkách (Morgan, 1971) i experimentálních zprávách (např. Levin, 1975). Zde se přidržujeme zejména výkladu Polse (1976).



Obr. 42 Křivky stejné hlasitosti pro čisté tóny jako funkce frekvence. Hlasitost je vyjádřena ve fonech. Nulová křivka je normální sluchový práh (osa x = frekvence v Hz, osa y = hladina akustického tlaku v dB)

Absolutní práh slyšení

I když není v pozadí žádný šum, zvuk nemusí být slyšen, jestliže jeho hladina je pod naším absolutním prahem slyšení. To je minimální hladina akustického tlaku určitého zvuku, která je nutná k 50% pravděpodobnosti vyvolání sluchového počitku. Tato hladina je závislá na frekvenci a je také ovlivnitelná způsobem prezentace zvuku.

Dolní křivka na obr. 42 podává normální práh slyšení jako mediánovou hodnotu pro mladé osoby bez poškození sluchu. Sluchové ostrosti ubývá s věkem, zvláště u mužů.

Frekvence zvuku se vyjadřuje v hertzech (*Hz*). Graficky se znázorňuje v logaritmické stupnici, což je ve shodě s vlastnostmi sluchového orgánu. Hladina akustického tlaku je vyjádřena v logaritmické míře s decibelem (*dB*) jako jednotkou.

Maskovaný práh slyšení

Přidá-li se k signálu nějaký druh šumu, práh slyšení tohoto signálu se zvýší. Tento dobře známý jev se nazývá maskováním a zvýšený práh se nazývá maskovaný. Samozřejmě tento práh závisí jak na fyzikální charakteristice maskujícího šumu, tak na signálu. Když maskující a čistý signál jsou čisté tóny, stupeň maskování závisí na rozdílech jejich frekvencí.

Hlasitost

Jestliže hladina čistého tónu se zvyšuje, pak se tón stává hlasitějším. Ovšem i změna frekvence může zvýšit hlasitost. Frekvenční závislost může být stanovena vyvážením hlasitosti; při střídavém vnímání dvou zvuků různé frekvence přizpůsobujeme hladinu jednoho druhému, až jsou vnímány jako stejně hlasité. Tato obtížná úloha vede ke křivkám stejné hlasitosti (obr. 42). Hladina hlasitosti zvuku ve fonech se definuje jako hladina akustického tlaku 1000 Hz čistého tónu, který zní stejně hlasitě.

Stejným způsobem může být vyjádřena ve fonech hlasitost komplexu tónů nebo hluků, a to tak, že se určí hladina akustického tlaku čistého tónu 1000 Hz, který zní stejně hlasitě. Jiná stupnice hlasitosti je nezbytná k vyjádření rozdílů v počitku hlasitosti, jejíž jednotkou je son, který se rovná hlasitosti čistého tónu 40 fonů. Zvuky se potom srovnávají podle hlasitosti a jsou posuzovány jako násobky nebo zlomky svých referenčních zvuků. Hlasitost v sonech je zhruba dvojnásobkem pro každý přírůstek hladiny hlasitosti o 10 fonů.

Skutečnosti, že hlasitost v sonech lze sčítat, se užilo k vyvinutí metody pro výpočet celkové hlasitosti komplexu zvuků. Celková hlasitost se rovná součtu hlasitostí v každém z kritických pásem, do nichž se frekvenční stupnice dělí. Jiné metody, jako vnímaná hladina hlasitosti hluku (v *dB*), poskytují blízkou aproximaci. Odčítání hladiny hlasitosti na hlukoměru je dostatečné pro mnohá užití.

Pro velmi krátké zvuky se hlasitost určuje celkovou energií zvukového podnětu. Zdvojnásobení délky způsobuje zvýšení hladiny hlasitosti o 3 fony. Pro trvání asi 100—200 milisekund se hlasitost stává nezávislou na délce. Zvuky kratší než 10 milisekund jsou vnímány jen jako praskot. Mezi 30 a 70 fony je postižitelný rozdíl asi 0,5—1,5 dB.

Výška

Sluchový analyzátor je velmi citlivý na rozdíly ve frekvencích. Jestliže mají pokusné osoby srovnat dva čisté tóny na stejnou výšku, pak odchylka při 1000 Hz není větší než 5 Hz. Takovou přesnost (0,5 %) lze srovnat s rozdílem frekvencí dvou sousedních kláves na klavíru, který je 5,95 %. Pouze pro tóny kratší než 70 milisekund se rozdíly ve frekvenci zvětšují.

Barva

Významnou vlastností zvuku je jeho barva, která se přímo vztahuje k frekvenčnímu spektru. Na rozdíl od hlasitosti a výšky, které jsou jednorozměrové, je barva vícerozměrová. Vícerozměrový charakter barvy je odrazem vícerozměrového charakteru frekvenčního spektra, vyjádřeného počtem hladin v různých frekvenčních pásmech.

Binaurální slyšení

Experimentálně bylo zjištěno, že při nízkých frekvencích směr zvukového zdroje v horizontální rovině lze zjistit s přesností asi 10 stupňů. Směrovou senzitivitu sluchových orgánů lze vysvětlit buď rozdíly v čase vstupu zvukových vln do dvou uší, způsobenými rozdíly ve vzdálenostech k oběma uším, nebo rozdíly hladin, způsobenými stínícím vlivem hlavy. Užitím sluchátek lze nechat působit jen časové rozdíly nebo rozdíly hladin. Takové a jiné experimenty ukazují, že směrové slyšení je determinováno časovými rozdíly pod 1500 Hz a rozdíly hladin nad touto frekvencí. Protože většina zvuků má značně zastoupeny nízkofrekvenční složky, pak pro praxi jsou nejdůležitější časové rozdíly. Tyto časové diference jsou velmi malé. Rozdíl pouhých 10 mikrosekund, způsobený rozdílem úhlu 1 stupeň, je již rozpoznatelný. Jestliže zvuk přichází zcela zleva nebo zprava, pak rozdíl vzdálenosti asi 20 cm odpovídá rozdílu času 0,6 milisekundy. Kromě lokalizace zvuků lze binaurální slyšení využít k oddělení signálu od šumu v prostoru.

Sluchové sdělovače

Sluchové sdělovače užívají zvukové prezentace signálů. Téměř ve všech situacích je třeba zvažovat užití prezentace zvukových a prezentace zrakových signálů, tj. kde a kdy které použít.

Sluchové sdělovače jsou zvláště vhodné za určitých podmínek (McCormick, 1970):

1. jako varovné zařízení nebo k upoutání pozornosti;
2. k přenosu informace, kdy příjemce informace se pohybuje nebo často přenáší svou zrakovou pozornost z místa na místo;
3. není-li možné použít zrak, tzn. v místech, kde je přílišný jas, nebo v místech, kde se vyžaduje adaptace na tmu;
4. je-li třeba uvolnit přetížený zrak;
5. v mnoha případech k přenosu signálů, které vycházejí z verbální formy;
6. k přenosu směrových informací (ačkoli oči jsou lepší k prostorové diskriminaci, najednou se mohou dívat jen v jednom směru);
7. k přenosu relativně krátkých, jednoduchých zpráv.

Je-li v prostředí vysoká hladina hluku a nemůže-li být poměr signálu k šumu dostatečně diferencující, je třeba doplnit zvukové výstražné znamení světelným. Charakter varovných signálů by měl být jasně odlišitelný od okolního hluku a různých zvuků normálně se vyskytujících v pracovním prostoru jak ze spektrálního, tak časového hlediska. Např. varovný elektrický zvonek by neměl znít podobně jako zvonek telefonu. Jestliže původní povaha signálu je akustická, je lepší použít signalizace akustické.

Způsob sluchové prezentace

Zůstává otázka, který akustický způsob užít a kdy. Řečové signály by měly být užity spíše než tónové nebo hlukové:
1. pro flexibilitu;
2. k identifikaci zdroje zprávy;
3. nemají-li příjemci zvláštní výcvik v kódování signálů;
4. zpráva obsahuje přesnou informaci (mají-li se tonální signály počítat, může snadno dojít k chybě);
5. jestliže naslouchající by mohl zapomenout kód složitější signalizace nikoli řečové.

Řeč je nejvhodnějším způsobem sdělení informace, schopná přenést informaci o 250 slovech za minutu. Tónové nebo hlukové signály, nikoli řečové, mají být použity:
1. pro jednoduchost;
2. jsou-li naslouchající vycvičeni v porozumění kódovým signálům;
3. pro označení takového okamžiku, jako je např. polední přestávka;
4. je-li zapotřebí okamžité akce;
5. v podmínkách nepříznivých k přijetí řečové zprávy;
6. jsou-li zakódované signály nutné pro bezpečnost;
7. jestliže řečové kanály jsou již plně obsazeny (tónové signály mohou být slyšet mezi řečí);
8. jestliže řeč by maskovala jiné řečové signály nebo rušila naslouchajícího, jemuž zpráva nebyla určena.

Zvonky, gongy, klaksony nebo sirény vydávají zvuky výrazně přechodné povahy a jsou bohaté harmonicky. Bzučáky a houkačky, které vytvářejí kontinuitní zvuk, jsou méně účinné. Komplexní zvuky jsou účinnější než čisté tóny. Modulované signály budí více pozornosti než kontinuitní signály. Přerušované (pípané) signály opakované v rytmu 1—8 signálů za sekundu nebo trylkové, při nichž se mění výška tónu,

okamžitě vzbudí pozornost. V normálních podmínkách jsou zvuky o vysoké frekvenci účinnější, protože jsou lépe slyšitelné než zvuky o nízké frekvenci.

3. POZORNOST A BEZPROSTŘEDNÍ PAMĚŤ PŘI SLEDOVÁNÍ SDĚLOVAČŮ

Vědecké pokusy s pozorností začaly v polovině devatenáctého století. V popředí zájmu byla otázka, jak smyslové počitky či vjemy dosahují vědomí. Introspektivní metoda, užitá k řešení této otázky, se ukázala jako neuspokojivá a po mnoho let byl pokrok ve znalosti zákonitostí pozornosti jen malý. Nadto samotný pojem „pozornost" byl přiřazován různým jevům. Zatímco někteří psychologové zdůrazňovali jasnost smyslových předmětů ve vědomí, jiní se zaměřili na výběrové aspekty pozornosti.

Jasnost ve vědomí nebyla nakonec považována za nějaký důležitý aspekt pozornosti. Stalo se tak v souvislosti s přeměnou psychologie, orientovanou objektivněji k chování. Výběrový aspekt pozornosti v psychologických výzkumech nejen přetrval, ale byl i rozvinut zejména sovětskou psychologií.

V klasických psychologických pojednáních se rozeznávají dva základní typy objektů, k nimž pozornost může být zaměřena — objekty smyslové a myšlenkové, představové a paměťové. Výzkum pozornosti zaměřené na smyslové objekty se ukázal jako snazší než výzkum pozornosti zaměřené na objekty myšlenkové, představové a paměťové, protože s parametry smyslových podnětů může experimentátor přímo manipulovat. S myšlenkami, představami a vzpomínkami nelze ani v současné době ještě manipulovat tak systematicky. Není je také snadné měřit. Ačkoli smyslové objekty a objekty intelektové jsou stejně důležitými objekty pozornosti a také se zkoumají, omezíme se především na objekty smyslové, protože ty jsou zejména důležité pro inženýrskou psychologii.

Podnět je obvykle dosti komplexní. Představme si např., že pokusná osoba stiskne tlačítko, kdykoli slyší tón určité výšky. Výskyt tónu je nepředvídatelný, takže když pokusná osoba reaguje správně, jsme si docela jisti, že nereagovala šťastnou náhodou. Jestliže většinou reaguje správně, můžeme říci, že soustředila pozornost na tón určité výšky. Tato interpretace však může být nesprávná. Pokusná osoba mohla spíše reagovat na změnu v okolním podnětovém prostředí než specificky na určitý sluchový podnět. Anebo i když pokusná osoba soustředila pozornost na fakt, že podnět byl sluchový, nemusela vůbec přihlížet k výšce tónu. Problémem v této situaci jsou tři různé podnětové kategorie. Při prezentaci tónu určité výšky je to změna v prostředí, modalita podnětu (sluchová) a specifický atribut modality (výška tónu). Pozornost ke každému z těchto aspektů by zahrnovala odpovědi — „něco se stalo", „něco jsem slyšel", „slyšel jsem tón určité výšky".

Kromě toho existují ovšem ještě další fyzikální kategorie. Podněty musí být lokalizovány v prostoru a mají také intenzitu a trvání. Lze rovněž užít určitý sled signálů. Všechny podnětové kategorie se mohou smísit. Pokud neoddělíme tyto různé podnětové kategorie, nevíme přesně, který fyzikální atribut podnětu vlastně přitahuje pozornost v určitém okamžiku.

Konečně máme ještě jednu kategorii, která může sloužit jako základ výběru podnětů nebo pozornosti, tj. novost podnětu. Nový podnět může být brán jako ten, který je odlišný od podnětu očekávaného. Na rozdíl od předchozích atributů novost není fyzikálním atributem podnětu. Je vlastností podnětu v situacích, ve kterých organismus srovnává mezi aktuálním podnětem a podněty v dané situaci obvyklými. Novost zahrnuje obě kategorie objektů pozornosti, smyslovou a ideační. Tento atribut se užívá i při výzkumu pozornosti, zaměřené na myšlenky, představy a paměťové objekty.

Ve studiích o člověku se ukázalo, že postoj a poloha smyslového receptoru nezaručuje ještě pozornost k danému podnětu. Ve studiích o detekci vizuálních podnětů se ukázalo, že i tehdy, když podnět byl jasně zaměřen a fixován, nemuselo dojít k jeho detekci. Ačkoli vlastní orientace očí je pro pozorný pohled na zrakový podnět nutná, sama ještě nezaručuje, že pohled je pozorný. Dotyčná osoba se může třeba jen bezmyšlenkovitě zahledět nebo být ve stavu tzv. denního snění.

Ne každé pozorné chování zahrnuje vnější pozorovatelné reakce. Např. detailní části podnětové řady, která se prezentuje jen na několik milisekund (např. u tachistoskopu), mohou být pozorovány i když expozice podnětu je příliš krátká, aby dovolila samostatnou pozornou reakci nebo vizuální fixaci určité části displeje. Také je možno přenést pozornost od jednoho hlasu k jinému, aniž bychom vůbec pohnuli hlavou. A tak zatímco výskyt samostatné pozorovací reakce ukazuje, že člověk vybírá některé senzorické podněty, absence takové reakce neznamená, že není přiměřeně pozorný.

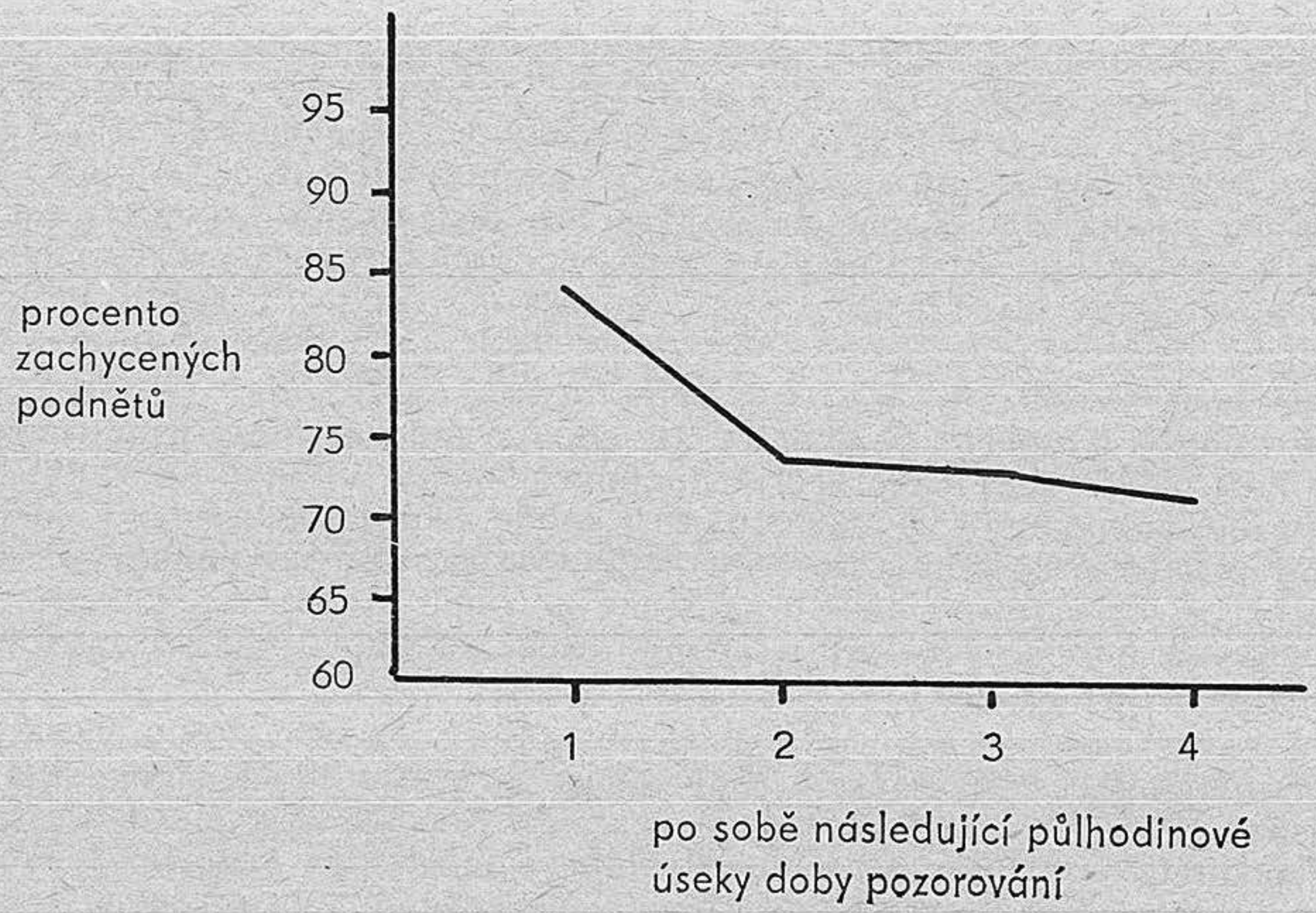
Vigilanční úlohy

Pokud tedy nemusíme projevovat vnější pozorné reakce, abychom byli pozorní, jak je psycholog schopen určit objekty pozornosti? Vhodnou metodou jsou úlohy obsahující detekci tónu, který je prezentován podle takového plánu, jenž vylučuje správné uhodnutí. Pokusná osoba má po objevení se podnětu stisknout tlačítko. Mluvíme o tzv. vigilanční úloze. Od pokusné osoby se požaduje, aby kontinuitně sledovala prostředí. Nepozornost se projevuje tehdy, když nestiskne tlačítko po objevení se signálu. Samozřejmě tato úloha může obsahovat jakoukoli modalitu.

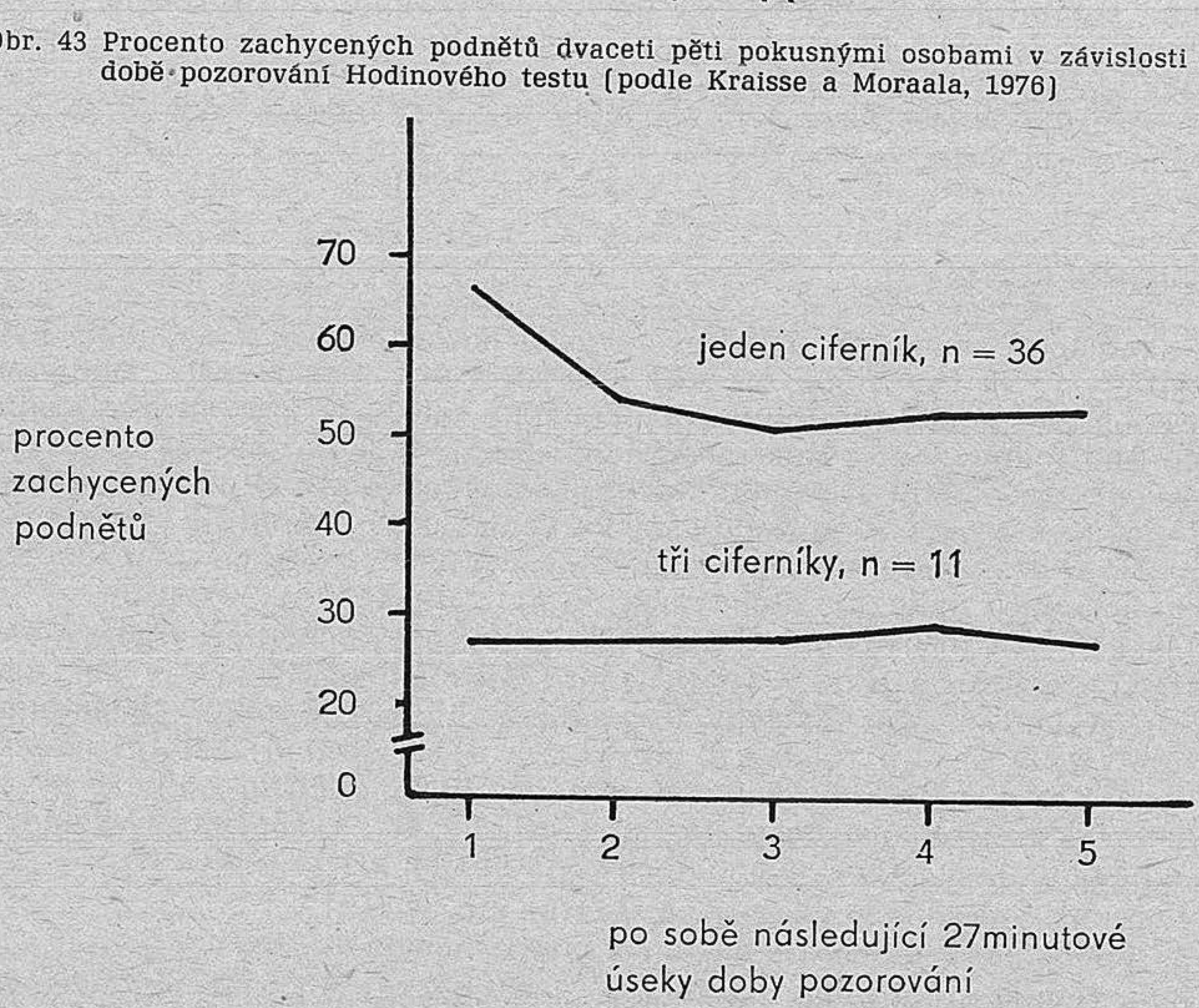
Mackworth (1950) podle Kraisse, Moraala (1976) použil při studiu změn vigilance hodinový test. V tomto testu měly pokusné osoby za úkol zachycovat malý počet zvláštních podnětů mezi ostatními. Zvláštními podněty byly posuvy ručiček hodin o dva dílky, zatímco ostatní podněty byly normální posuvy ručiček o jeden dílek. Ručička obíhala kruh, který byl rozdělen na sto dílků, jež však nebyly vyznačeny. Výsledky jsou na obrázku 43. Obecná tendence vigilančních křivek je dvojí:

1. rychlý pokles výkonu brzy po začátku pozorování;
2. mnohem pomalejší, ale postupný pokles během dalšího období.

Byla rovněž studována vigilance v úlohách, kdy bylo třeba sledovat několik ciferníků. Nebyl zjištěn pokles této funkce v závislosti na čase, ale celková výkonnost je nižší vzhledem k rozdělování pozornosti (obr. 44).

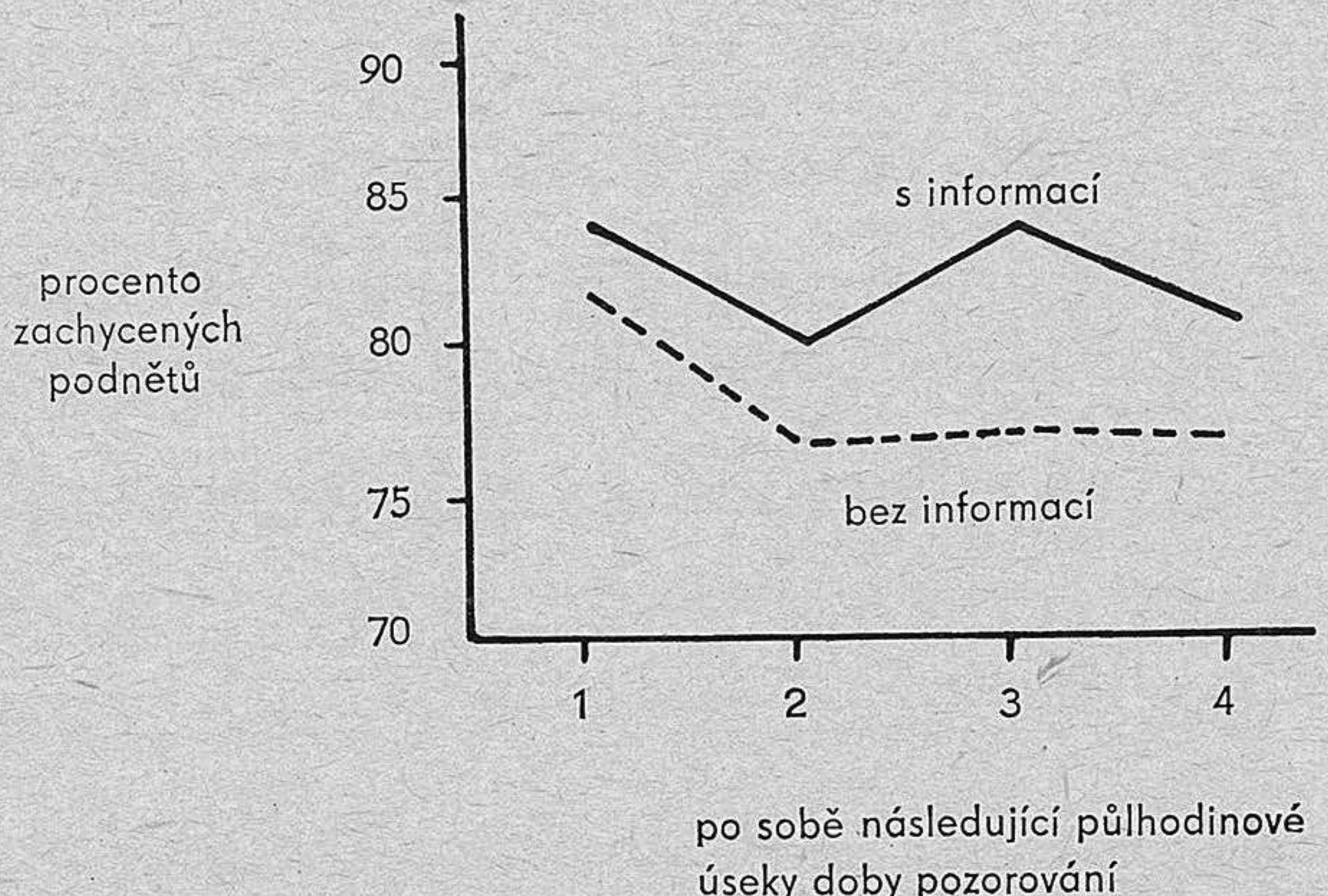


Obr. 43 Procento zachycených podnětů dvaceti pěti pokusnými osobami v závislosti na době pozorování Hodinového testu (podle Kraisse a Moraala, 1976)



Obr. 44 Procento zachycených podnětů při pozorování jednoho nebo tří Hodinových testů v závislosti na době pozorování (podle Kraisse a Moraala, 1976)

Je důležité, zda operátor je informován o úrovni svého výkonu. Jestliže se mu sdělují výsledky, nedochází k tak velkému poklesu výkonu (obr. 45). Individuální diference ve vigilančním výkonu mohou být značné. Jsou zřejmě způsobeny celou řadou faktorů, např. osobnostními charakteristikami, zkušeností, odlišnou vnímavostí k podmínkám prostředí atd.



Obr. 45 Vliv informací o výkonu na počet zachycených podnětů (podle Kraisse a Moraala, 1976)

V praxi je třeba věnovat pozornost nejenom úpravě sdělovačů ve vztahu k vigilančním úlohám, tj. ke způsobu, jak je informace poskytována, ale též k uspořádání úlohy, podmínkám prostředí a stavu jednotlivce (Davies, Tune, 1970).

Řada prací v automatizovaných provozech má následující charakter: operátor sleduje hodnoty na sdělovačích a reaguje na jejich změny. Přitom pravděpodobnost výskytu podnětu není a ani nemůže být předem známa. Signálem může být jak diskrétní změna parametru, tak změna pozvolná. Jestliže se podněty vyskytují jen velmi řídce, mluvíme o vigilančním úkolu, při kterém operátor reaguje v poměrně dlouhém časovém úseku na podněty, které se vyskytují jen velmi řídce.

Současný výzkum těchto situací začal již v době druhé světové války, kdy anglický psycholog Mackworth studoval přesnost práce operátorů u radaru. Zjistil, že frekvence přijatých a správně identifikovaných signálů je v podstatě vyšší na začátku směny než v delším časovém odstupu. Toto snížení se objevuje již po poměrně krátkém čase a zhruba po 20 minutách práce se objevuje dvojnásobný počet chyb. Přesnost práce se snižuje i v dalších fázích, ale toto zhoršení je méně výrazné.

Na základě rozboru celé řady experimentálních prací lze stanovit faktory, které snižují přesnost práce operátora ve vigilanční situaci. Patří sem: množství spánku v předcházející noci, denní doba, množství podnětů, intenzita podnětů, frekvence signálů, pravděpodobnost významných a nevýznamných signálů, rozložení pravděpodobnosti výskytu signálů na různých sdělovačích (nejméně přesně se čte sdělovač, na kterém se signály vyskytují s nejmenší pravděpodobností), rozmístění sdělovačů v zorném poli operátora (sdělení na okraji zorného pole se vyznačují menší přesností záznamu), monotónnost práce (tzv. senzorická a sociální deprivace), doba trvání vigilanční činnosti a rozdíly mezi lidmi.

Výkon operátora ve vigilančním úkolu je možno usnadnit takovými faktory, jako jsou: informovanost operátora o jeho výsledcích, změna pracovních podmínek a zařazování přestávek, zvyšování frekvence signálů zaváděním tzv. umělých signálů, použití sdělovačů, kdy tatáž informace se podává prostřednictvím optických i akustických signálů, prodloužení signálů, zvětšení intenzity signálů anebo větší odstup od šumu, v kritických situacích je možno používat určitých stimulačních látek.

Práce operátorů ve vigilančních podmínkách bývají poměrně jednotvárné. Úpravě pracovních podmínek je třeba věnovat zvýšenou pozornost a náklady s ní spojené jsou ve svých důsledcích zcela návratné. Stejně tak je třeba uvažovat o úpravě pracovního režimu.

Pro stanovení mezí pozornosti člověka jsou důležité experimenty tzv. dichotického výběrového naslouchání, v nichž se prezentují různé zprávy simultánně do obou uší. Pokusnou osobu požádáme, aby sledovala zprávu pro jedno ucho. Podle výsledku takových experimentů chápeme jen velice málo ze zprávy, kterou neposloucháme pozorně. Je-li jedna z těchto zpráv, kterou neposloucháme pozorně, sdělována jiným jazykem, nemusíme si tento fakt ani uvědomovat. To by mohlo znamenat, že senzorická informace dovedená k uchu, které pozorně neposlouchá, se ani dále nepřenáší ve sluchovém analyzátoru. Avšak je-li cizí jazyk překladem zprávy pro ucho, které pozorně naslouchá, pak bilinguální pokusné osoby, znalé obou jazyků, si tento fakt uvědomí, ač třeba pokusné osoby neobeznámené s tímto jazykem si ani neuvědomí, že se jiným jazykem vůbec mluví. To, že si bilinguální pokusné osoby uvědomily různost jazyků ukazuje, že takzvaně nesledovaná zpráva přece musela proběhnout sluchovým analyzátorem. Rovněž významná slova, jako jméno pokusné osoby, nebo slova citově výrazně zaměřená ve známém jazyku k uchu, které pozorně naslouchá, lze poznat a také hlásit. Jednoduché podněty, jako určité tóny, vložené do nesledované zprávy, budou rovněž pokusnými osobami hlášeny. Kromě toho jestliže se v nesledované zprávě objeví nějaká slova, která mají vysokou pravděpodobnost výskytu ve zprávě sledované, budou převzata ke sledované zprávě, aniž si to některé pokusné osoby vůbec uvědomí.

Z českých autorů se zabýval studiem pozornosti zejména Chmelař (1968). Zkoumal např. experimentálně pomocí jím navržené aparatury vztah průběhu procesu trvání aktivní optické a aktivní akustické pozornosti u týchž dospělých osob. Během jedné hodiny bylo každé pokusné osobě sukcesívně exponováno 7200 optických podnětů a po krátké přestávce během druhé hodiny 7200 akustických podnětů. Expozice kaž-

dého podnětu trvala 0,5 sekundy. Doby všech optických a akustických podnětů byly totožné. Doby podnětů a reakce na podněty byly registrovány na polygrafu.

Trváním optické a akustické pozornosti označujeme délku doby, po kterou pokusná osoba dovede nepřetržitě vnímat exponované optické nebo akustické podněty. Výsledky pokusů prokázaly, že mezi průběhem trvání optické a akustické pozornosti existují četné analogie. Společným rysem obou druhů pozornosti je intraindividuálně a interindividuálně různý počet výskytu různě dlouhého trvání pozornosti a různého trvání odklonů pozornosti v různou dobu, arytmický a nepravidelný výskyt dob pozornosti u jejich obou druhů, závislost na druhu složitosti a kvalitě percipovaných podnětů a na době trvání expozice jednotlivých podnětů a na jejich začlenění do složitějších celků. Průběh trvání pozornosti je složitý dynamický proces, který je nerozlučně spojen s kvalitou podnětů (objektů), s nimiž tvoří stále se utvářející dynamickou strukturu. Tento proces je značně podmíněn vnějšími faktory.

Monitorování kontinuitních dějů

Tento typ práce je do jisté míry protikladný vigilančnímu typu činnosti. Zatímco při vigilančním typu práce operátor sleduje podněty, které se vyskytují poměrně zřídka, při monitorování sleduje nebo simuluje nějaký kontinuitní děj, působící chronicky a bez přestávek. Přitom podněty, které jsou sledovány na výstupu nějakého zařízení se mění a svými charakteristikami ovlivňují činnost pracovníka. Operátor v této situaci buďto kontinuitně simuluje sledovaný děj, anebo reaguje teprve tehdy, když určité parametry dosahují kritické meze. Chyby jsou v podstatě dány rozdílem mezi sledovanými signály a činností operátora (Curry, Gai, 1976). Celá situace může být pochopitelně různě složitá (jednorozměrné či vícerozměrné podněty, podněty z jedné či z více smyslových modalit, kontinuitní či diskontinuitní podněty, kontinuitní či diskontinuitní reakce, různé frekvence změn podnětů atd.). Ve většině případů se jedná o poměrně složité podnětové i činnostní systémy, které jsou ovlivňovány celou řadou proměnných, jejichž vzájemné vztahy nemusí být zcela jednoznačné. Při řešení těchto situací se nabízí řada analogií z teorie servosystémů, ale většina analogií není jednoznačných.

Poměrně hodně je známo o vlivu jednotlivých faktorů na monitorování. Velikost chyby je úměrná tempu změn podnětů, ale při příliš velké rychlosti dochází náhle k velkému a neúměrnému úpadku činnosti. Tento kritický bod se však individuálně mění a do jisté míry je možno jej intenzívním tréninkem ovlivnit. Ve výkonu dochází během pracovní doby ke zhoršení, které však má někdy i oscilační charakter — periody relativně lepšího výkonu jsou střídány periodami horšího výkonu. Obtížnější a hůře zvládnutelné úkony jsou snáze narušitelné než pohyby jednodušší. Podobných faktorů, které ovlivňují činnost operátora při monitorování, by bylo možno stanovit více. Méně je však znám vzájemný vztah těchto faktorů; zde nejsou nálezy zcela jednoznačné.

Nebylo dosaženo ani jednoty v návrzích na organizaci práce v těchto podmínkách. Na jedné straně je známo, že příliš dlouhé provádění podobné činnosti vede k jejímu zhoršování, na druhé straně však ani

příliš krátká pracovní doba (půlhodinové intervaly) není příliš vhodná, protože ve většině případů trvá poměrně dlouho, než se operátor dostane do přiměřeného tempa (mluví se o tzv. rozehřátí). Zdá se, že optimální pracovní doba se pohybuje kolem dvou až tří hodin. Byly též podniknuty pokusy o práci v páru, tj. monitorovací úkol provádí dvojice operátorů, která se ve své činnosti střídá, a to buď podle určitého programu, anebo spontánně. Ukázalo se, že tato cesta by mohla být velmi účinná, ale pouze za předpokladu dokonalé souhry mezi oběma pracovníky.

Detekce signálů

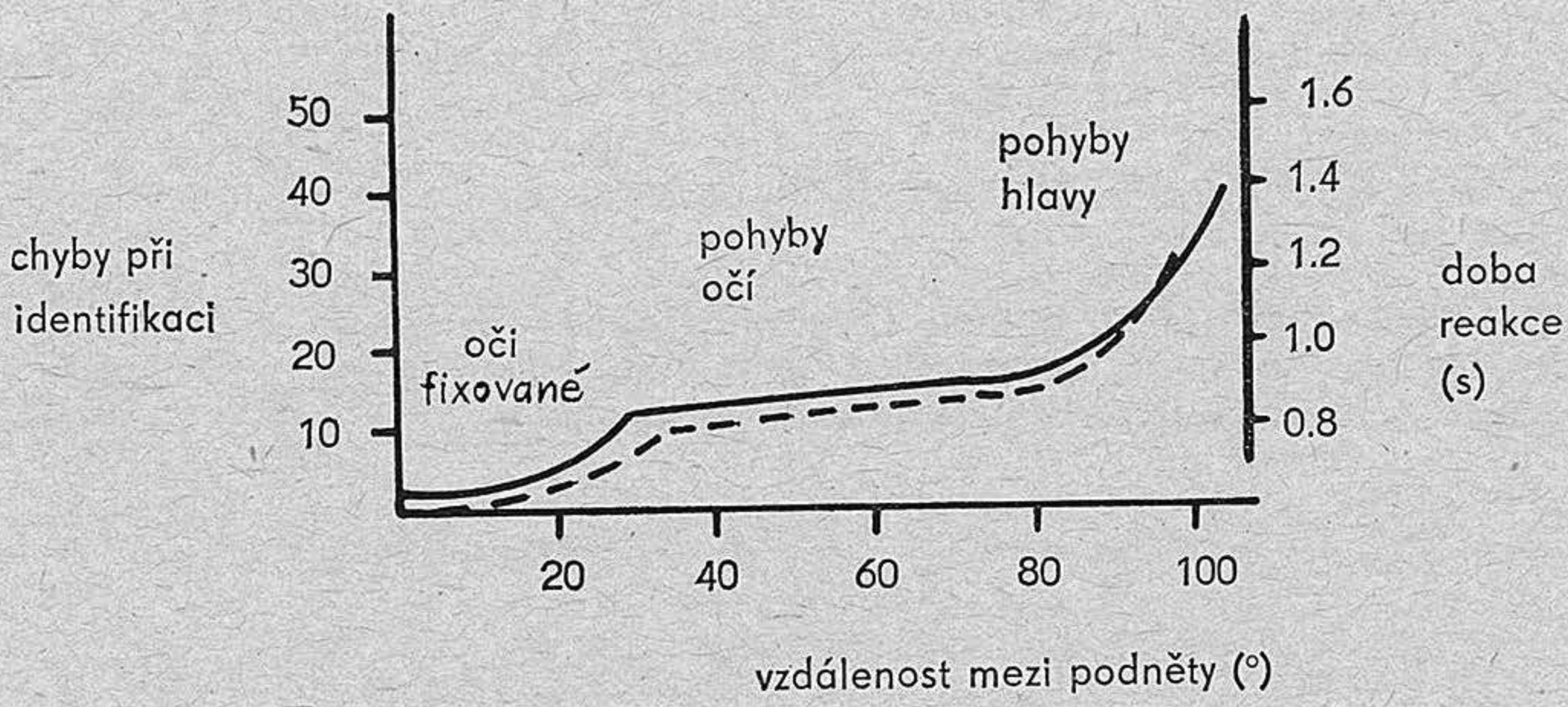
Při tomto druhu práce má operátor zjišťovat, zda v určitém časovém intervalu se určitý signál objevil či nikoli. Přitom velmi často se signál jen nepatrně liší od šumu, který v daném prostředí existuje. V podobných pokusech se operátor může zmýlit jednak tím, že nepostihne podnět, ale na druhé straně také tak, že hlásí přítomnost podnětu, který se ve skutečnosti neobjevil (tzv. planý poplach). Podobné situace se objevují v praxi velmi často (např. defektoskopická kontrola kvality výrobků, sledování signálů na radarech apod.). Rozhodování mezi kladnou či zápornou odpovědí nezávisí jen na senzorické informaci, ale též na pracovních podmínkách a na celkovém hodnocení práce operátora. Budou-li oba druhy chyb (planý poplach a nezachycený signál) pokutovány stejně, pak pokusná osoba zvolí určité rozhodovací kritérium. Ve skutečnosti však nezachycený signál může znamenat větší chybu než planý poplach a na základě této skutečnosti se rozhodovací kritérium změní. Rozlišujeme pak dva nezávislé činitele, ovlivňující činnost operátora. Je to jednak senzorická informace, jednak kritérium rozhodování. Detekční činnost člověka se většinou srovnává s činností ideálního posuzovatele. Různé chyby, které se při detekční činnosti mohou objevit, jsou závislé na různých formách výskytu kritických signálů. V literatuře se rozeznávají čtyři různé situace: 1. signál je znám přesně jak co do kvality, tak co do časového či prostorového umístění; 2. signál je sice znám, ale není známo, v kterém okamžiku se může objevit; 3. signál je jedním z většího počtu signálů podobných; 4. signál je překrýván šumem.

Činnost operátora při detekci signálů je též ovlivněna celou řadou dalších faktorů. Na základě získaných poznatků platí, že při této činnosti je třeba věnovat mimořádnou pozornost pracovním podmínkám, otázkám pracovního režimu a zpětným informacím o kvalitě prováděné práce. Náklady, které byly investovány do úpravy pracovních podmínek, se podle údajů v literatuře mnohonásobně vrátily.

Rozsah pozornosti

Protože oblast, která může být obsáhnuta očními pohyby, má rozsah asi 180° horizontálně a 130° vertikálně, je zřejmé, že celému zornému poli nelze věnovat stejnou pozornost. Aby se optimálně využilo zorného pole pomocí vhodného uspořádání sdělovačů, je nutné vědět, které sdělovače bude třeba sledovat současně a jak by se měla pozornost pozorovatele zaměřit k určitým částem zorného pole.

Na první otázku odpovídají experimentální výsledky, ukázané na obr. 46. V tomto experimentu byly pokusné osoby požádány, aby pozorovaly současně dva jednoduché statické podněty. Vzdálenost mezi oběma se měnila od 0 do 110°. Sledovaly se oční pohyby a pohyby hlavy. Výsledky ukázaly, že oční pohyby začaly asi od 30° a pohyby hla-



Obr. 46 Doba reakce (—) a chyby při identifikaci (———) jako funkce vzdálenosti mezi podněty. Údaje platí pro velké a jednoduché podněty

vou asi od úhlu 80°. Když se údaje o reakčních dobách a počtu chyb z uvedeného experimentu znázornily graficky, objevily se dva důležité body, které odpovídají výše uvedeným mezím.

Sanders (1971) rozlišuje tři pozornostní rozsahy zorného pole:

1. *Pole sdělovače* je oblast, která má být současně sledována jediným pohledem, aniž by se fixační bod měnil. Protože jedna fixace stačí k tomu, aby se postihl stav obou podnětů, doba reakce je velmi krátká a dochází jen k málo chybám.

2. *Zorné pole (bez pohybu hlavy)* je oblast daná rozsahem sakadických pohybů oka bez dodatečných pohybů hlavou. Jeden podnět je fixován centrálně, zatímco druhý podnět je sledován sice souběžně, ale prostřednictvím periferie zorného pole. Periferní pozorování může být interpretováno jako předpozornostní proces, kdy určité obecné charakteristiky předmětů na periferii jsou zpozorovány. Existuje domněnka, že periferní objekt je jaksi připravován a že je třeba ho ověřit následujícím centrálním pohledem. Reakční doba a chyby zůstávají v rozsahu zorného pole téměř konstantní.

3. *Zorné pole (při pohybu hlavy)* je oblast daná rozsahem pohybů očí i hlavy. Když jsou zapotřebí pohyby hlavy, nebude druhý objekt dále pozorován periferně, zatímco by jiný objekt byl fixován centrálně. V tomto zorném poli nelze na předpozornostní procesy příliš spoléhat. Prostorově paralelní procesové charakteristiky se nemohou uplatnit a k postřehu dvou podnětů jsou potřebné dva pohledy. To samozřejmě vede ke značnému poklesu výkonnosti.

Bezprostřední paměť

Operátor si může zapamatovat velké množství symbolů, nesoucích rozsáhlou informaci. Můžeme si zapamatovat více číslic než písmen. Ukázalo se, že kapacitu paměti představuje 8 číslic nebo 7 písmen či 5 jednoslabičných slov. Ve všech třech případech byl objem informace různý. Osm číslic nese informaci, která se rovná 25 binárním jednotkám, sedm písmen = 35 binárních jednotek a pět jednoslabičných slov = 50 binárních jednotek.

Vycházejíce z těchto údajů vyvodili američtí psychologové závěr, že kapacita paměti nezávisí na množství informace, ale na počtu symbolů či „kousků" informace, jejichž počet je stálý a rovná se 7 ± 2 (Miller, 1956).

I sovětské výzkumy stanovily, že v případě zapamatování informace na krátkou dobu (krátkodobá, bezprostřední paměť) závisí kapacita paměti v rozhodující míře na množství zapamatovaných znaků. To souhlasí s pravidlem Millerovým. Kapacita dlouhodobé paměti závisí ve značné míře na množství informací.

VII. Myšlení a rozhodování

Nejméně rozpracovanou oblastí inženýrské psychologie jsou procesy myšlení a rozhodování. V poslední době se však stále častěji publikují poznatky i z této oblasti, i když k výraznější syntéze zatím nedošlo.

Velká specifičnost systémů člověk — stroj neumožňuje jednoduše aplikovat zjištění obecné psychologie, která se donedávna týkala jen jednoduchých, statických a přesně formalizovaných problémů (geometrické, mechanické, slovně-logické úlohy). Tyto úlohy mají malou izomorfnost s problémy operátora při řízení složitých výrobních procesů. Nové přístupy k výzkumu myšlení a rozhodování byly značně ovlivněny kybernetikou (např. modelování některých aspektů myšlení pomocí heuristického programování a v současnosti výzkumy umělé inteligence — viz Stríženec, 1979). Navazuje se zde na tvarovou psychologii, která vyčlenila problémovou situaci jako základní experimentální situaci. Procesy řešení problému závisí na situační analýze (co se žádá), materiálové analýze (co je dané) a konfliktové analýze (proč to nejde). Produktivita myšlení spočívá v novém pohledu na východiskovou situaci.

V sovětské psychologii se myšlením rozumí „nerozlučně s řečí spjatý sociálně podmíněný psychický proces samostatného hledání a odkrytí podstatně nového, tj. zprostředkovaný a zobecněný odraz skutečnosti v průběhu jeho analýzy a syntézy, který vzniká na základě praktické činnosti ze smyslového poznání a daleko přesahující jeho hranice“ (Brušlinskij, 1970, str. 52). Myšlení nelze redukovat jen na řešení úloh; uskutečňuje se i při formulování úkolů a při poznávání nových problémů. Základním mechanismem myšlenkového procesu je analýza prostřednictvím syntézy, tj. zapojení poznávacího objektu do stále nových souvislostí a vztahů. Poznávaný objekt se zapojuje do těch vztahů, jejichž nositelem je hledaná kvalita objektu. Takto se utváří zaměřenost, výběrovost myšlenkového procesu.

1. NÁROKY NA MYŠLENÍ VE VÝROBĚ

Vlivem automatizace výroby dochází ke změně nároků na psychické procesy pracovníků. Zmenšuje se úloha speciálních dovedností (zejména motorických) a do popředí se dostávají požadavky na myšlení a rozhodování. Operátor je v kontaktu s výrobním procesem zprostředkovaně

pomocí sdělovačů a ovládačů) a řídí výrobu prostřednictvím jejich informačního modelu. V jeho činnosti převažuje zpracování a logická interpretace získaných informací, jakož i výběr optimálního řešení pro danou situaci. Jeho činnost závisí na typu a úrovni automatizace výroby (při nižších stupních je ještě převaha percepčních úkonů). Odlišné nároky vznikají zejména při kontinuitní výrobě a při centrálním dálkovém ovládání (Crossman, 1960).

Při kontinuitní výrobě s ruční nebo automatickou regulací se od operátora požaduje zejména stabilizace a optimalizace výrobního procesu. Kromě vnímání jde o předpovídání a rozhodování. Při rozhodování (jehož složitost stoupá při automatické regulaci) se využívají poznatky z analogické situace v minulosti, účinnějším způsobem je však vytvoření vnitřního „mentálního modelu" situace. Tento model umožňuje vybrat nejvhodnější variantu zásahu, přičemž řešení je často intuitivní (neformalizované aspekty). Na formování tohoto konceptuálního modelu má samozřejmě vliv i používaný fyzikální model (sdělovače a ovládače). Důsledně logické zpracování získané informace je často znemožněno složitostí řídícího procesu, vzájemnou závislostí mnohých parametrů a nutností odhadovat některé údaje.

Centralizované dálkové ovládání vede k zatížení psychické činnosti operátora — dispečera z toho důvodu, že řízené operace (dopravní prostředky, elektrárny) mu nejsou přímo dostupné. Jeho hlavním úkolem je zhodnocení kódované informace a rozhodování mezi určenými alternativami (způsobilost zpracování informací).

Myšlenkové procesy při obou typech činnosti bývají negativně ovlivňovány poruchami jednotlivých sdělovačů, resp. stresem z velké zodpovědnosti operátora (drahé výrobní zařízení, velké množství surovin a výrobků). Další nároky na myšlenkovou činnost vznikají při potřebě koordinovat a řídit činnost pomocníků operátora.

Můžeme rozlišovat více typů myšlenkových úloh v pracovní činnosti operátora. Při diagnostické úloze je třeba na základě souhrnu příznaků určit příčinu a při prognostické úloze jde o výběr optimální odpovědi vzhledem k danému souboru podmínek. Operátor zaměřuje pozornost na paralelní parametry procesu a integruje získanou informaci do rozhodnutí o regulaci procesu. Jednodušší myšlenkové procesy jsou zapojeny už při vnímání údajů z řídícího pultu, jejich úloha se zvyšuje při zjišťování problémové situace, při vytváření „modelu" řešení a ověřování jednotlivých variant zásahu do technologického procesu. Může zde jít tedy o celou škálu myšlenkových a rozhodovacích procesů, od jednoduchých situací typu disjunktivního reakčního času (diskrétní rozhodování) až po složité intelektuální výkony při optimalizaci mnohých parametrů (na základě nepřetržitého zpracovávání údajů). V sovětské inženýrské psychologii se vymezuje operativní myšlení jako proces řešení praktických úloh na základě modelování objektů pracovní činnosti.

Zkoumání myšlenkových procesů je náročné z metodologického hlediska. Je třeba vypracovat systém analýzy myšlenkové činnosti operátora, který by se zakládal na poznatcích o struktuře jednání (cyklická struktura činnosti s anticipací, stanovením cílů, plánovacích postupů a zpětnou vazbou). Analýza má vycházet z požadavků úlohy, z podmínek jejího vykonávání a je třeba porovnat realizované postupy s možnými a optimálními postupy (Hacker, 1980). Ukázalo se totiž, že pomo-

cí dotazování nebo hlasitého myšlení se nedostatečně zachycuje proces řešení, jakož i znalostí souvisících s řešením úlohy. Metodu hlasitého myšlení pro potřeby inženýrské psychologie rozpracovala zejména Bainbridgeová (1974). Popsala způsob analýzy získaných protokolů, umožňujících získat údaje o strategii operátora.

Přes zavádění řídících počítačů se nelze bez lidského operátora obejít. Je stále nepostradatelný při sledování průběhu regulace, jakož i pro svou pružnost v nepředvídaných (tj. v programu počítače nezahrnutých) situacích. Nedostatečné poznání činnosti člověka neumožňuje optimalizovat styk člověka s počítačem a rozdělení úkolů mezi nimi, jakož i přiměřeně projektovat činnost operátora technologického procesu.

2. MYŠLENÍ OPERÁTORA A MENTÁLNÍ MODEL

V psychologii se v poslední době začínají používat termíny mentální model, operativní obraz, mozkový informační model apod. Vyjadřuje se tím skutečnost, že si v mysli zobrazujeme ve vhodné formě problém, který máme řešit, dané podmínky, možné postupy apod.

Psychická regulace chování se uskutečňuje pomocí vnitřních modelů (zachycují vlastnosti prostředí i vlastní činnost) a zpětné vazby. Tyto modely jsou relativně stabilními paměťovými reprezentacemi a jejich hlavní funkcí je anticipace cíle nebo výsledků činnosti. Zde se formulují částečné cíle, strategie činnosti, vybírá se vhodná varianta řešení, porovnává se dosažený výsledek se stanoveným cílem. Při zjištění nesouladu se mění programy činnosti nebo její cíle. Vzhledem k úzké souvislosti mentálního modelu s vnímáním, pamětí, myšlením a rozhodováním lze ho jen relativně izolovat pro potřeby hlubšího zkoumání.

Dosavadní výzkumy v této oblasti byly zaměřeny na specifické otázky. V souvislosti se zpracováním informace u člověka se zkoumal např. problémový prostor, kde šlo o vnitřní zobrazení řešeného problému. Toto zobrazení determinuje programy použité při řešení. Konkrétní výzkum se uskutečňoval pomocí různých her (šachu, přesmyček apod.). Zkoumal se též vliv mentálního zobrazení na rozhodování. Zjistily se různé typy zobrazení při rizikovém rozhodování. Sovětští psychologové poukázali na regulační úlohu mentálního modelu v činnosti operátora.

První na význam mentálního modelu u operátora technologického procesu upozornili Welford (1960) a Crossman (1960). Takovýto model umožňuje operátorovi představit si možné zásahy do procesu a vybrat nejlepší z nich. Používání mentálního modelu je charakteristické pro zkušené pracovníky.

Pojem operativní obraz zavedl do inženýrské psychologie Ošanin (1966). Je to účelově vybraná a organizovaná informace o struktuře objektu. Dynamika operativního obrazu spočívá v myšlenkových činnostech na rozličných úrovních abstrakce. Operativní obraz je možno zkoumat pomocí analýzy činnosti, grafických schémat předpokládané struktury objektu, jakož i pomocí slovních výpovědí osoby. Autor v laboratorních podmínkách simuloval dynamický systém (zaměřil se na prostorově časovou organizaci regulačních činností). Později rozlišil informační modely (odrážejí reálnou dynamiku objektu) a koncepční modely (odrážejí předepsanou dynamiku objektu). Koncepční model je mnohoúrov-

ňový model vertikálně horizontálních částečných obrazových struktur, které mají rozličnou úroveň názornosti, detailnosti atd. Obsahuje základní složku (odraz časové struktury procesu), energetický základ (psychické napětí osoby) a složku vyjadřující odchylku procesu od normy. Psychologickou analýzu je třeba zaměřit na objasnění specifické organizace těchto základních částí.

Podle Vendy (1975) struktura systému zobrazení informace statisticky podmiňuje strategii a složitost řešení úloh u operátora. Autor chce termínem psychický model nahradit dosavadní různé termíny v této oblasti (koncepční model, operativní obraz, mozkový model). Rozumí jím „ontogenetický, stochasticky zobecněný odraz objektu, korigovaný na základě skutečných výsledků řešení operativních úloh, nových odborných poznatků, návyků řízení objektu" (str. 14). Na základě operativně informačního modelu (na panelu, řídicím pultě) a psychického modelu se utváří operativně psychický model (jako odraz konkrétního stavu objektu při řešení úlohy). Jeho základními vlastnostmi jsou neúplný odraz objektu, pravděpodobnostní souvislosti s operativně informačním modelem.

Krylov (1972) za řídící psychický proces (při spojení vstupní a výstupní informace) pokládá obrazově pojmový model činnosti. Zde se uskutečňuje vypracování strategií operativního řízení při řešení úloh, a to na základě složitého vzájemného propojení bezprostředního smyslového odrazu, minulé zkušenosti, předvídání a činnosti. Autor vypracoval hypotézu „zapojení" nově přicházejících signálů do procesu zpracování informace. Informační systém mozku pokládá za mnohokanálový.

Koncepci mozkových informačních modelů důsledně prosazuje Puškin (1977). Pokládá je za určité zápisy, které odrážejí podstatné vlastnosti reálných objektů. Předmětem psychologie je podle něj objasnění zákonitostí fungování těchto modelů. Objasnění jazyka mozkového modelování bude znamenat, že psychologie získala svůj obsah, substrát. Modely v mozku řídí korový regulátor, v kterém se kóduje příslušný problém. Modelování jako autoregulační proces je v podstatě totožné s psychickou činností. Základem řešení problému je konstrukce a fungování určitého systému vztahů, který nazýváme modelem problémové situace. Na fungování lidského myšlení participuje jazyk logických schémat a jazyk zobrazování.

Bainbridgeová (1974) mentálním modelem nazývá znalosti o dynamice procesu. Tyto znalosti se využívají na předpovídání budoucího stavu procesu. Dále rozlišuje mentální obraz, který se utváří v operativní paměti a zahrnuje informace o dosavadním a předpovídaném průběhu procesu a činnosti operátora. Kromě podávané informace jsou zde tedy zahrnuty i výsledky myšlenkové činnosti operátora. Údaje se zapamatovávají zpracované v takové formě, která je nejvhodnější pro vykonání práce (např. v seskupeních užitečných pro rozhodování). Při identifikaci důležitých vztahů v současném stavu procesu a při předpovídání budoucích stavů se vychází z mentálního modelu, ve kterém jsou zahrnuty obecné poznatky o možných průbězích procesu. U zkušeného operátora (na rozdíl od začátečníka) je obraz o procesu integrovanější, a to důsledkem širších znalostí o procesu. Mentální obraz se vyvíjí v čase (integrace jeho složek) a delší přerušení v sledování procesu zhoršuje předpovídání budoucích stavů. Jestliže je operátor nucen přebrat řízení

procesu od počítače nebo automatických regulátorů, trvá mu několik minut, než si vytvoří integrovaný mentální obraz o procesu. Tedy udržování dobře strukturovaného obrazu si vyžaduje aktivní činnost při řízení procesu.

Leplat a Cuny (1977) uvádějí, že zobrazení se uskutečňuje množinou vlastností prostředí, které utváří a organizuje subjekt v daném okamžiku. Je úzce spjato s jeho úlohami. V zobrazeních lze rozlišovat vztahy a operace na těchto stavech. Pravidla utvářejí organizační prvek chování. Pravidlem se rozumí organizace sledu operací, umožňující přechod z jednoho stavu zobrazení do druhého. Leplat na příkladě výzkumů v laboratoři ukázal, že člověk si v nové situaci vypracovává systém zobrazení, jejichž pomocí může definovat pravidla vedoucí k řešení problému. V závislosti na stupni novosti situace dochází k utváření nového nebo k upřesnění existujícího systému zobrazení. Struktura systému se postupně obohacuje a rozšiřuje se pole, které pokrývá. Po dosažení vnitřní koherence se systém zobrazení uzavře, čímž lze vysvětlit odmítání nové informace.

Hacker (1973) podrobně zkoumal psychickou regulaci pracovního procesu a v této souvislosti i vnitřní model. Tento model vzniká sloučením zobrazení pracovního procesu a jeho podmínek a účinků. Regulační význam modelů je v tom, že umožňují přezkoušení ve sféře zobrazení dřív, než dojde k praktické realizaci, a dále řídí zaměření programů činností. Pracovní činnost může být tím efektivnější, čím je vnitřní model přiměřenější pro regulaci chování. Vnitřní model (autor ho nazývá operativní systém zobrazení) lze zlepšit např. utvořením optimálních řídících pultů a zlepšením zácviku. Operativní systém zobrazení je schematizovaný, uspořádání věcných obsahů závisí na požadavcích pracovních činností, dále se vyznačuje selektivností, zobrazením průběhu (na základě subjektivního výpočtu).

Podrobněji Hacker rozebral otázky vnitřních modelů ve svých novějších pracích (1976, 1980). Poukázal na jejich rozdílné funkce v regulaci činnosti a klasifikoval je podle vztahu ke komponentám pracovního procesu.

Na různé typy modelů poukázal Galaktionov (1978). Operátor si zpočátku vytváří technologický model, který přechází do funkčního modelu (subjektivní obraz příčinně následných vazeb mezi možnými změnami parametrů a poruchami procesu). Postupně se formuje algoritmický model (společné příznaky řady událostí) a konečně obrazový model (operátor zachycuje celý prostorový „obraz" současné situace).

Výše uvedené názory různých autorů jsou dokladem značných rozdílů v chápání mentálního modelu, avšak postupně se přechází od abstraktních úvah k praktickým aplikacím, jak ukážeme v následující části.

3. DOSAVADNÍ VÝZKUM V OBLASTI MYŠLENÍ

Experimentálně zkoumal myšlenkovou činnost operátora Puškin (1960, 1965). Analyzoval řídící pult, jakož i činnost železničního dispečera a poukázal na to, že mnemoschéma řízeného objektu představuje souhrn

KNIŽNICA

opěrných bodů pro myšlenkovou činnost. Popsal jednotlivé druhy myšlenkové činnosti (plánování prací podle určeného programu, řešení atypických úloh, řešení úloh při poruše systému řízení) a sestavil algoritmus této činnosti. Laboratorně zkoumal způsoby řešení operativních úloh, a to pomocí hry „5" (uspořádání očíslovaných kostek do pořadí) a šachu (filmování pohybů očí).

Tichomirov (1964) zkoumal pravděpodobnostní charakteristiku struktury úlohy a ukázal, že proces řešení úlohy spočívá ve zmenšení původní neurčitosti, v aktivním výběru informace, která přichází jako výsledek vlastní činnosti člověka. Úlohy operátora jsou většinou „nealgoritmické" — jde o výběr z množiny možných způsobů činnosti, mezi kterými jsou postupné přechody od nejlepších po nejhorší řešení a podmínky činnosti mají „konfliktní ráz". Vycházeje z výše uvedeného, autor si vybral šachovou hru jako model řešení úloh. Při této hře je charakteristická výběrovost při využívání objektivně daných podmínek úlohy.

Leplat a Bisseret (1965) zkoumali zpracování informací u dispečera na letišti (šlo o zabránění možným konfliktům mezi přistávajícími letadly). Při kategorizaci žádný konflikt — možný konflikt bylo třeba uvažovat 6 proměnných (rychlost, směr atd.). K objasnění podstaty, hodnoty a pořadí prozkoumání proměnných použili „hlasité myšlení" operátorů. Pomocí získaných výsledků bylo možné nakreslit topologický obraz organizace operací. Předpokládá se, že řešený problém je tím těžší, čím se nachází na delší větvi rodostromu. Vzhledem k tomu, že v reálné situaci je experimentování obtížné (zahrnuty jsou tam různé činnosti s příjmem a vysíláním informace), autoři vytvořili statickou experimentální situaci (tabulka se značkami, která umožnila měřit požadovanou funkci, přičemž všechny pokusné osoby dostaly identickou situaci). Zjistily se — pokud jde o trvání řešení — velké interindividuální rozdíly a vliv kvalifikace operátora. Podle výběru první proměnné vznikají dva typy strategií, jakož i rozdílná časová struktura procesu. Celkově se ukázalo spojení statického modelu s rodostromem jako užitečná metoda. Současně se objasnilo, že výzkum způsobů podávání informace musí být spjatý s výzkumem zpracování informace. Zarakovskij (1967) sestavil algoritmické zápisy činnosti kormidelníka na lodi a řidiče při předjíždění (jde o mnohokanálové zpracování informace, a proto má zápis víc řádků). Uvádí též vzorec pro výpočet logické složitosti operace (na základě počtu logických podmínek, složitosti hledané činnosti apod.).

Iosif (1969) zkoumal sledování technologických parametrů v chemii a energetice a zjistil, že je ovlivněno funkční důležitostí a vzájemnou korelací parametrů, jejich počtem, složitostí kritických situací a stupněm opatrnosti operátora. Stupeň opatrnosti udává interval mezi pozorováními a zvyšuje se při důležitých parametrech a poruchách. Sledování je ovlivňováno zejména mentálním modelem procesu.

Analýzou diagnózy poruch u operátorů tepelné elektrárny se zabývala Eneová (1975). Zaměřila se zejména na vztah známost — důležitost příčiny. Algoritmizaci pracovní činnosti (operátor v chemické výrobě) se věnovali Hladký, Matoušek a Zastávka (1975). Umožňuje strukturální analýzu pracovní úlohy, myšlenkové činnosti i rozbor nároků profese na myšlení (na základě kvantitativních ukazatelů složitosti činnosti).

Leplat a Cuny (1977) uvádějí příklady analýzy mentálního zobrazení u operátora v chemické výrobě, letectví a železárnách. Grafické zachy-

cení postupů zpracování informace umožňuje objasnit strategii operátora, jeho chyby apod.

Další autoři (viz Edwards a Lees, 1974) zkoumali mentální činnost operátora pekařské pece (sestavení modelu chování), v chemickém provozu (pomocí rozhovoru a zácviku v laboratoři), v ocelárně (distribuce elektrické energie), spolupráci s počítačem atomové elektrárny (činnost za různých technologických podmínek, spolupráce s počítačem). Optimalizaci mnemoschémat na základě experimentu v cementárně uskutečnil Galaktionov (1978). Analýza zácviku ve vytváření mentálního zobrazení ukázala, že je výhodnější nacvičovat pravidla regulace chemického procesu než jen přiřazovat odchylky režimu k potřebným zásahům.

V našich výzkumech (zaměřených zejména na operátora v chemické výrobě) jsme jednak porovnávali náročnost jednotlivých provozů na myšlení operátora a jednak jsme modelovali konkrétní situace v laboratorních podmínkách (Stríženec, 1971a, b). Pomocí aparatury „PSI" jsme se snažili postihnout sekvenční ráz myšlení operátora (úkolem probandů bylo zjistit druh vztahů mezi světly na panelu a na základě toho rozsvítit cílové světlo). Kromě toho jsme snímali tepovou frekvenci, EEG a zadali jsme slovní úkol. Úspěšná skupina (menší počet manipulací, rychlejší řešení) postupovala většinou od začátku směrem k cíli a měla lepší výkon ve slovním úkolu.

Při řízení kontinuitních technologických procesů je kvalita výrobku ovlivněna zejména schopností operátora předvídat změny regulovaných parametrů procesu. Realizovali jsme proto experiment, kde proband měl předpovídat budoucí optimální polohu ručičky na zapisovacím přístroji (polohy se měnily podle aritmetické posloupnosti, která byla ze začátku probandovi neznámá a mohl si ji zjistit postupně). Nezávislými proměnnými byl počet současně regulovaných přístrojů, obtížnost aritmetické posloupnosti, profesionální zkušenost a intelektové schopnosti. Výkon se hodnotil na základě počtu a velikosti odchylek od optimálního stavu a trvání experimentu. Výsledky ukázaly, že zvýšení počtu přístrojů i obtížnosti zpravidla zhoršuje výkon. Zjistil se vliv profese (nejlepší byli chemici) i vztah k intelektu a úspěšnosti v práci. Faktorová analýza ukázala, že předpovídání a inteligence jsou dost nezávislé faktory.

V novějším výzkumu (Stríženec a Droppová, 1979) jsme se zaměřili na některé otázky vytváření a transformace mentálního zobrazení. Z metodických a technických důvodů jsme v první fázi výzkumu zvolili cestu laboratorního modelu. Jako podnětové schéma jsme použili matici 6×6 bílých kroužků, ve které jsme vytvářeli kombinace 5 černých kroužků. Probandi (6 operátorů z chemického závodu a 50 studentů) uskutečňovali se schématy různé mentální transformace (posun, otočení, zrcadlové převrácení struktury, naložení dvou struktur na sebe) a též porovnávali podobnost dvou zobrazení. V rozhovoru jsme zjišťovali těžkosti, které měli probandi v době experimentu. Probandi byli podrobeni psychodiagnostickým a laboratorním měřením (intelekt, plošná představivost, paměť, vnímání a transformace prostorových schémat — přehýbání papíru, kopírování, otáčení karet, cesta na mapě, zraková iluze, závislost vnímání na poli, riskování, úzkost, postojová uzavřenost, postoje k experimentu, výkonová motivace). Výsledky ukázaly rozdílnou obtížnost použitých mentálních transformací, významové vztahy mezi fázemi experimentu, lepší výkon při vyšší inteligenci. Zjistili se dva typy kódo-

vání, jedni probandi zpracovali schémata jako tvar a druzí v symbolické podobě (po bodech). Odhad podobnosti schémat významně koreloval s neverbální inteligencí, s výkonem při transformaci, s vnímáním prostorových schémat. Vysoce významné korelace mentální transformace schémat s neverbální inteligencí poukazují zejména na zástoj vyvozování vztahů v dané úloze (v popředí jsou percepční složky v dynamickém průběhu a značně tu působí princip celostnosti). Na odhadu podobnosti se podílejí s intelektem a pamětí zejména rychlost prozkoumání zrakového pole a schopnost udržet si v mysli konfigurace. Nevýznamný vliv osobnostně motivačních faktorů je zřejmě důsledkem modelově laboratorního charakteru použité metodiky. Ukázalo se nutným zkoumat mentální transformace v realističtější situaci. Takovýto výzkum při praktickém aspektu (uvedení do souladu činnosti operátora a počítače při řízení technologického procesu na základě optimálního technického zobrazení řízeného systému) může přispět i k teorii myšlení (způsob zobrazení totiž výrazně ovlivňuje celý průběh myšlenkového procesu).

Pohled na dosavadní výzkumy myšlení v inženýrské psychologii ukazuje značnou tematickou šířku uplatňování kybernetickoinformačních přístupů (avšak bez simplifikující kvantifikace) a v poslední době i regulačního chápání psychických procesů, které vyplývá zejména z kognitivní psychologie. Výrazná je snaha přispět k řešení aktuálních otázek zefektivnění práce operátora, která má dalekosáhlý ekonomický dosah.

4. ROZHODOVÁNÍ OPERÁTORA

Myšlenková činnost operátora vyúsťuje do volby zásahu do řízeného procesu. Výběr jedné z alternativ činnosti se nazývá rozhodováním. Schopnost člověka rozhodovat se ve složitých situacích jej činí nenahraditelnou složkou systému řízení technologických procesů.

Teoretické otázky

Prudký rozvoj experimentálního zkoumání rozhodovacích procesů souvisí s aplikací teorie her a statistického rozhodování, která vytvořila model konfliktové situace. Optimální strategie postupu hráče se určuje matematicky (pomocí výplatních matic). Při analýze činnosti operátora můžeme za protihráče považovat řízený technologický proces. Zásahy operátora představují jednotlivé kroky ve hře a optimální je ta strategie, která vede k předepsanému výsledku (např. kvalita výrobku, minimální náklady apod.). Přehled prací z této oblasti uvádí Edwards (1964), Zinčenko (1971), Anochin a Rubachin (1976). U nás jsou známé výzkumy i přehledové práce Křivohlavého (1971, 1974) a Beckera (1978).

Je třeba rozlišovat statické a dynamické rozhodování. Při statickém rozhodování jde o jednoduchý výběr (jednorázový) s přesně určeným počtem možných způsobů činnosti. Statické modely byly aplikovány např. v teorii detekce signálů (zjištění signálu závisí nejen na senzomotorických činitelích, ale i na kritériu, které používá pozorovatel). Člověk může být ideálním pozorovatelem, když nemá vnitřní šum, má

dokonalou paměť pro signál i šum a je schopen vypočítat jejich pravděpodobnostní poměr. Můžeme rozlišit situace bez rizika (jistota o výsledku každé činnosti), situace s rizikovým výběrem (známé jsou pravděpodobnosti výsledků) a výběr za neurčitosti. Ze statických rozhodovacích modelů v rizikové situaci jsou známé modely Edwardse (např. SEU — subjektivně očekávaná užitečnost nějakého výsledku je násobkem jeho subjektivní hodnoty a subjektivní pravděpodobnosti výskytu tohoto výsledku).

Dynamické rozhodování spočívá v řetězci rozhodovacích procesů a při pozdějších rozhodnutích je třeba přihlížet k informaci vyplývající z předešlých rozhodnutí. Dynamická teorie se tedy uplatňuje při měnlivých situacích. V souvislosti s rozhodováním je psychologicky důležitá otázka užitečnosti, která souvisí s různou motivací (dosáhnout úspěchu nebo vyhnout se neúspěchu). Zjistily se různé typy postojů v herní situaci (hráčský, obezřetný, běžný, výhrový postoj).

Na logickou složitost rozhodování se zaměřil Fogel (1964) a rozlišil deduktivní, abduktivní, induktivní a prognostické rozhodování. Deduktivní vývody jsou charakterizovány úplnou určitostí. Při abduktivním rozhodování jde o hledání příčinného faktoru podle následku a řídícího pravidla (je tu značný stupeň neurčitosti). O induktivním rozhodování mluvíme tehdy, když pro řadu událostí je třeba najít řídící pravidlo. Prognostická rozhodnutí jsou u operátora častá (v důsledku opožděné informace).

Konstrukce normativního modelu rozhodování předpokládá znalost objektivní pravděpodobnosti a užitečnosti očekávaného výsledku. Při deskriptivním přístupu se popisuje reálné chování (např. operátora) a pracuje se s kategorií subjektivní pravděpodobnosti. Při zkoumání rozhodovacích procesů operátora se vyhodnocují odchylky deskriptivního modelu od normativního a zjišťuje se čas potřebný k rozhodnutí, stupeň jistoty, souvislost typů rozhodování s osobnostními charakteristikami apod.

Základní aspekty rozhodování rozlišil Rubachin (1974). Psychofyziologický aspekt je vyjádřen teorií funkčních systémů P. K. Anochina (aferentní syntéza zabezpečuje úplný odraz vnějšího prostředí). Logickopsychologický aspekt zahrnuje formulování úlohy, objasnění a hodnocení problémové situace jako celku, ověřování hypotéz. Tyto etapy jsou spojeny přímými i zpětnými vazbami. Z operačního aspektu lze rozlišit přípravu rozhodnutí a samostatné rozhodnutí. Při přípravě jde o určení množství a kvality informace potřebné k řešení, ale též o otázku jejího optimálního podání operátorovi. Vnitřní příprava rozhodnutí spočívá v integraci informace a vytvoření „obrazů“ na percepční i myšlenkové úrovni. Potom dochází k vytvoření a porovnání „etalonových“ hypotéz, k výběru hypotézy a k rozhodnutí. Funkčně dynamický aspekt souvisí s realizací komplexu vnitřních psychologických mechanismů (informační hledání, logické a pravděpodobnostní mechanismy, úloha intuice atd.). Osobnostní aspekty rozhodování se týkají vlivu emocionálně volních a motivačních činitelů. Rozhodování je zvláštním stadiem volní činnosti. Dosavadní výzkumy — zatím málo početné — se týkaly individuálních typologických rozdílů (u operátorů je nejvýhodnější rozhodování s riskováním, při současné obezřetnosti), emocionálně volní stability, úrovně motivace apod.

V sovětské inženýrské psychologii se rozhodování vysvětluje v souvislosti s funkcí odrazu a regulační funkcí psychiky (na úrovni percepčních procesů, představ a řečově myšlenkových procesů). V procesu rozhodování se rozlišuje etapa informační přípravy rozhodnutí a etapa vlastního rozhodování. Může jít o rozhodování informační (diagnostikování situace), operační (vypracování způsobu řízení) a organizační (určení struktury a rozdělení funkcí v předpokládané organizaci). U operátora jsou typické problémové situace, ve kterých je neznámý způsob činnosti při určeném cíli činnosti. Ne všechny rozhodovací situace se zabezpečují procesy operativního myšlení, protože může jít i o aktualizaci známého algoritmu.

Dosavadní výzkumy

Na základě analýzy rozhodování se zkoumala náročnost (zejména pokud jde o mentální zátěž) 50 různých pracovních míst operátorů v chemickém průmyslu (vycházelo se z počtu a vzájemné závislosti faktorů v situaci, složitosti situací, účasti krátkodobé paměti a oddálení zpětné vazby).

Rozhodování operátora v ocelárně se zkoumalo pomocí simulátoru napojeného na počítač. Zaznamenávaly se i slovní výpovědi osob. Ukázalo se, že operátoři berou v úvahu více faktorů než kontrolní skupina studentů. Výsledky byly využity při navrhování informačního systému pro operátory.

Byly vypracovány návody na navrhování rozhodovacích systémů člověk — počítač (zahrnovaly různé činnosti, jako je poznání problému, diagnóza situace, výběr činností). Byl vytvořen systém na zpracování pravděpodobnostní informace, kde počáteční pravděpodobnosti odhadují lidé a počítače zpracovávají tyto údaje k rozhodnutí. Je vhodný při velkém množství nespolehlivých údajů a nutnosti rychlého rozhodování.

Ukazuje se, že při rozhodování jsou značné individuální rozdíly, nevyužívá se úplně dostupná informace (zejména když je mnohorozměrná), lidé jsou konzervativní, příliš odkládají rozhodnutí, přikládají větší váhu první informaci, projevují neochotu změnit chybný závěr při novém důkazu. Přesto podávají lidé výborný výkon v rozhodování.

Možnosti matematického popisu lidského rozhodování jsou v současnosti omezené. Teorie her neumožňuje předpovídat optimální chování v nestacionární situaci, jako je činnost operátora (nevymezený soubor alternativ, vliv zásahu na proces není jednoznačný). Zaškolení a praxe mají vliv na výběr užitečné informace, vytváření mentálního modelu řízeného procesu a hodnocení užitečnosti zásahů.

Potřebný je podrobnější popis jednotlivých fází rozhodovacího procesu u operátorů a zachycení nejen „racionálních“, ale i motivačních a emocionálních faktorů. Zachycení charakteristik skutečného průběhu psychických procesů při rozhodování umožní rozpracovat dynamickou teorii rozhodování, využitelnou v inženýrské psychologii i při navrhování informačních systémů pro operátora, pomůcek pro rozhodování, způsobu zácviku v rozhodování atd.

VIII. Pohybové složky činnosti se zaměřením na konstrukci ovládačů

1. POHYBOVÉ ČINNOSTI A OVLÁDAČE

Pohybová činnost se projevuje jako souhrn operací, činností a pohybů, které člověk uskutečňuje v procesu řešení té či oné úlohy. Více o regulaci pracovních pohybů viz Brichcín (1966).

V daném případě nás nejvíce zajímají operace a činnosti člověka — operátora při řízení dostatečně složitých technických systémů a objektů. K nim patří spojovací systémy, radiolokační systémy, speciální systémy řízení různých velkých komplexů technických prostředků atd. Především se zde v nejvyšší míře projevuje vliv efektivnosti koordinované motorické činnosti člověka, který působí jako nejdůležitější řídící a obsluhující článek.

Když ve spojovacím systému přijme radista nebo telegrafista radiogram či telegram, musí ho rozšifrovat a upravit do podoby vhodné k předání adresátovi. Operátor stanice musí při své pracovní činnosti neustále sledovat obrazovku, zapínat nebo vypínat jednotlivé bloky a systémy, regulovat různé parametry, stlačovat tlačítka a páky. Pilot sleduje v letadle vzdušnou situaci, udržuje spojení se zemí, kontroluje činnost aparatury, řídí letoun a funkci jednotlivých systémů. Musí přitom zapínat nebo vypínat páčkové přepínače, stlačovat tlačítka a páky, ovládat setrvačníky, otevírat a uzavírat kohoutky, posouvat páčky a řídicí páku. Řidiči při řízení stroje realizují rovněž značný objem motorických operací.

Můžeme vyčlenit dva základní typy motorické činnosti: jednoduché úkony (operace) a složité úkony sestávající z řetězce více či méně rozčleněných jednotlivých činností a operací uskutečňovaných v procesu nepřetržitého sledování. Úkoly, které plní operátor v procesu sledování, patří do třídy nepřetržitých percepčně motorických úloh.

K prvnímu typu patří např. jednoduché senzomotorické reakce. Příkladem diskrétní činnosti vztahující se k druhému typu je předávání informace telegrafním klíčem nebo psaní na stroji. K nepřetržitým činnostem druhého typu patří operace při sledování cíle na obrazovce radiolokátoru a operace při řízení vozidel. Jedním z druhů činností tohoto typu jsou dávkované pohyby, uskutečňované v přesně vymezených prostorových a časových dimenzích a předem stanovenou silou.

Při analýze motorické činnosti operátora vzbuzuje největší zájem

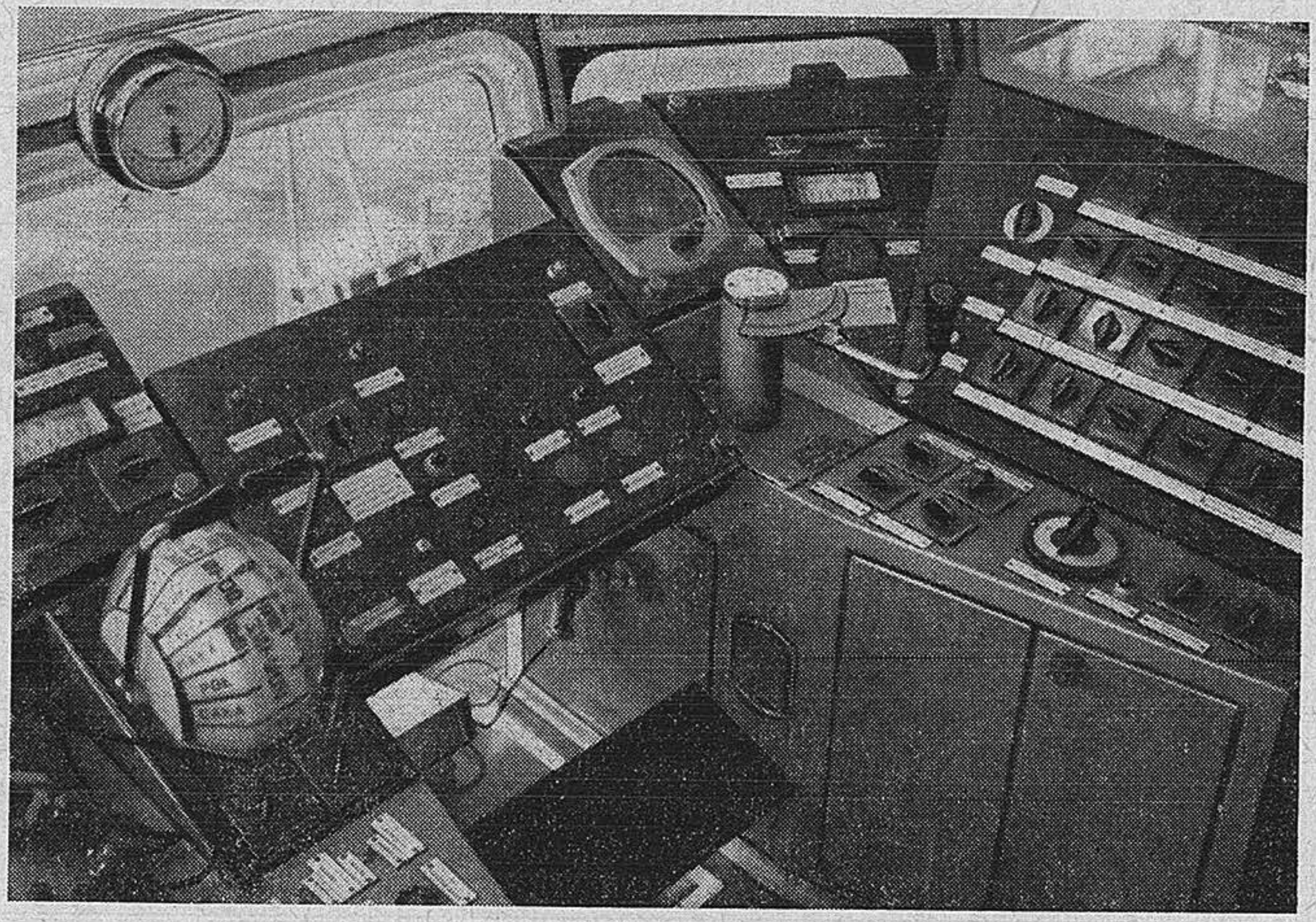
kvantitativní klasifikace její kvality, s cílem určit faktory, které na ni působí.

Motorická činnost je kvantitativně charakterizována rozměry motorického pole, způsoby pohybových trajektorií, rychlostí, silovými parametry i kvalitou regulace úsilí v pohybových procesech, přesností pohybů a také spotřebou energie.

Všechny tyto charakteristiky mohou dát konstruktérům dostatečnou informaci k vypočítání a zvažování všech prvků technického systému a jeho funkčních procesů, bezprostředně spjatých s člověkem. Jako příklad vhodného inženýrskopsychologického řešení uvádíme uspořádání kormidelny polského remorkéru TR-700, typu MUFLON, postaveného v loděnici Warynski. Remorkér splňuje požadavky na moderní plavidlo. Při jeho konstrukci bylo využito inženýrskopsychologických poznatků.

Provoz strojovny je maximálně automatizován, s centrálním ovládáním z kormidelny. Pro případ poruchy je vybaven centrálním ovládáním motorů ze strojovny, v níž je toto stanoviště umístěno v částečně odhlučněné buňce. Celý obytný prostor je tzv. skříňová sekce, uložená na palubě pružně na gumových pružinách, což výrazně zamezuje šíření hluku a vibrací do obytných prostorů. Hladina hluku dosahuje při plném výkonu motorů max. 62 dB *(A)*.

Obrázek 47 ukazuje uspořádání kormidelny. Vlevo jsou páky k ovládání motorů a vratných skříní (vždy jedna páka na jeden motor a skříň). Při použití v mezních situacích (tj. z plného výkonu vpřed okamžitě do plného výkonu vzad) se pouze přestaví páky (velice lehce) a servomotory provedou přestavení až po vyrovnání pracovních režimů v moto-



Obr. 47 Uspořádání kormidelny TR-700

rech a vratných skříních. Vpravo je páka k ovládání kormidel. Kormidla jsou ve stejné poloze jako páka, při členění 2,5°, což je velice jemné. Ovládání kormidel je hydraulické. Na snímku je vidět i výchylkoměr, který je umístěn v centru zorného pole.

Pohybová činnost člověka — operátora je charakterizována především citlivostí jeho motorických koordinací. Člověk je schopen vnímat i veškerou okolní situaci, je schopen měnit způsoby činnosti a lehce přepracovávat informaci do různých podob. Člověk se vyznačuje tvárností a kompenzačními schopnostmi.

Při určování rozměrů motorického pole se obvykle vymezuje jeho maximální a optimální pásmo. Pomyslný povrch, jehož kódy může člověk dosáhnout konečky prstů rukou (i nohou) při stanovené poloze těla, představuje hranici maximálního pásma. Za hranici optimálního pásma se považuje pomyslný povrch, který je dosažitelný s nejmenšími ztrátami energie a času při uskutečňování pohybů a požadavku jejich maximální přesnosti. Všechny orgány řízení a obsluhy nebo většinu z nich je třeba rozmístit v optimálním pásmu. Nutno poznamenat, že v závislosti na vyžadovaném úsilí a přesnosti pohybů v optimálním pásmu existuje několik racionálních úrovní. Tak např. páky, k jejichž přemístění je nutno vyvinout velké úsilí, se mají umísťovat v nižších polohách optimálního pásma. Orgány řízení, jejichž přemístění vyžaduje značnou přesnost, je účelné umístit ve středních polohách optimálního pásma.

Trajektorie pohybů v hranicích maximální dosažitelnosti mohou být velmi rozmanité, neboť ruka v poměru k pasu má 7 stupňů volnosti, konec prstů ruky v poměru k hrudníku má 16 stupňů a v poměru k opoře (chodidlům) kolem 30 stupňů. To zabezpečuje „neomezenou volnost pohybů“ distálních částí ruky. Distální (okrajové, vzdálené od středu těla) části ruky se mohou přemísťovat po libovolných trajektoriích (jako by vůbec nebyly spojeny s trupem). Existence velkého počtu stupňů volnosti je předpokladem univerzálnosti výkonných funkcí ruky a odlišuje ji od všech existujících výkonných orgánů strojů, které mají obvykle jeden (zřídka dva) stupeň volnosti. Přesto však, nehledě na univerzálnost výkonných funkcí ruky a praktickou neomezenost ve výběru trajektorií, jsou některé z těchto trajektorií výhodnější. Jak dokazují výzkumy, plavné eliptické a kruhové pohyby, které nejvíce odpovídají charakteru radiálních přesunů těla v prostoru, jsou ve srovnání s přímočarými pohyby výhodnější. Nahrazení přímočarých pohybů kruhovými pohyby znatelně zvyšuje produktivitu práce.

Jednou z hlavních kvantitativních charakteristik při hodnocení motorické činnosti člověka je dobrá reakce. Reakci nejčastěji zkoumáme jako senzorickou s registrací okamžiku vzniku podráždění a okamžiku ukončení nezbytného pohybu.

Jednoduchá senzomotorická reakce představuje elementární pohybovou odpověď člověka (posun pákou, stisknutí tlačítka atd.) na předtím známý, avšak náhle se objevivší signál, a to s maximální možnou rychlostí. Ve skutečných pracovních procesech jsou reakce operátora zpravidla značně složitější a motorická složka plně závisí na konkrétním druhu pohybových reakcí a na situaci, v níž operátor pracuje.

V procesu motorické činnosti probíhá pohyb končetin a trupu ve vymezeném „silovém poli“. Působící síly mohou být vnitřní i vnější. Vnitř-

ní, svalové síly rozlišujeme na aktivní a pasívní. K pasívním patří síly setrvačnosti a pružnosti tkání, k aktivním síly svalového napětí.

Svaly pracují ve dvou hlavních režimech: v režimu izotonickém a izometrickém. Izotonický režim se vyznačuje zkracováním svalu při jeho nezměněném napětí. Při izometrickém režimu se při změně napětí sval nezkracuje. Izometrický režim se projevuje v nepřetržitém kmitání nebo chvění končetin (tremor). Taková reakce je adaptabilní a může být užitečná, přesto však narušuje přesnost pohybů. Abychom tomu předešli, musíme zapojit zrak nebo dát oporu tělu a končetinám. Vytrvalost ve statickém úsilí je určena prací svalů v izometrickém režimu.

Největší citlivost na směr a délku pohybu vzniká v pásmu s úhlem 50° až 60° od středního bodu těla a ve vzdálenosti 15 až 35 cm od tohoto bodu. Přesnost zásahu potřebného místa na řídicím pultu rukou představuje ± 15 až 20 cm ve středním pásmu pod hrudníkem a ± 30 až 40 cm v okrajových pásmech.

Nejpřesněji se hodnotí amplituda pohybů v rozmezí 8 až 12 cm. Nejkratší amplitudy se přeceňují a nejdelší se nedoceňují. U krátkých pohybů je přesnost větší, uskutečňuje-li se pohyb k sobě a naopak. Při pohybu ve vertikální rovině jsou chyby menší než v rovině horizontální. Nejvýhodnější směry pohybů jsou nalevo vzhůru a napravo dolů pod úhlem 45° k horizontále. U obou rukou je přesnost zhruba stejná. Současný pohyb obou rukou nebo nohou zmenšuje přesnost a ztěžuje koordinaci. Lépe se koordinují symetrické pohyby. Doba trvání pohybu se může klasifikovat s přesností 0,1 až 0,2 s.

Ovládací páky

Ovládací pákou rozumíme ručně ovládaný tyčovitý řídicí orgán, otáčející se kolem otočného bodu v jednom směru (tzn. s jedním stupněm volnosti). V případě pohybu se dvěma stupni volnosti mluvíme o pákách řídicích (křížových).

Páčkovým vypínačem rozumíme krátkou páku (do délky 25 mm), jejíž ovládací síla by měla být od 2,25 do 4,5 N. Mělo by se jich používat pouze k řazení, pohyb 30° na obě strany ze střední polohy, poloha „zapnuto“ by měla být vpředu.

Základní rozdělení pák je podle smyslu ovládacího pohybu páky pohybující se ve směru:

1. od sebe — k sobě (tah — tlak);
2. doprava — doleva;
3. nahoru — dolů.

Nejde o rozdělení pouze formální, ale každý z těchto 3 druhů ovládacích pák ukazuje poněkud jiné hodnoty optimálních ovládacích sil, jiné vlastnosti z hlediska ovládacích pohybů, jejich rychlosti a přesnosti. Dříve než se konstruktér rozhodne pro použití toho kterého druhu ovládací páky, musí komplexně posoudit všechny požadavky, které musí ovládání v daném případě splňovat (ovládací síla, rychlost a přesnost akce apod.).

Při volbě druhu ovládače se pro páku rozhodneme tam, kde účinná ovládací dráha je krátká, je-li žádána rychlost pohybu spíše než

přesnost, je-li zařízení střední až velké, je-li požadováno rychlé řazení se zatížením nebo bez něho.

Rychlost pohybů pákou

Tam, kde se při ovládání pákou vyžaduje rychlost ovládacího pohybu, je třeba při volbě druhu páky využít následující poznatky:

1. Čas potřebný k vykonání pohybu vzrůstá s délkou dráhy, ale čas požadovaný k zahájení a zastavení pohybu, bez ohledu na jeho délku, zůstává konstantní (nepřihlížeje k fyziologickému stavu člověka);
2. plynule zakřivené pohyby jsou rychlejší než přímosměrné a než ty, které mění směr náhle;
3. rukou lze rychleji pohybovat v rovině horizontální než vertikální;
4. tam, kde záleží na rychlosti reakce, např. při užití bezpečnostních zařízení, je třeba řídit obsluhu ovládacího prvku na tah k sobě; rychlost pohybu rukou je větší než pohybu nohou;
5. pohyby vymezené mechanickým zařízením jsou rychlejší než pohyby závislé pouze na vizuálním hodnocení a kontrole;
6. pohyby konané přímo k sobě a od sebe jsou rychlejší než pohyby doprava a doleva. Pohyb zprava doleva při ovládání pravou rukou je rychlejší než pohyb zleva doprava;
7. příliš časté a rychlé střídání pohybů končetin či poloh celého těla je nepříznivé z hlediska únavy.

Přesnost pohybů pákou

Přesné pohyby se lépe provádějí vsedě než vstoje. Při provádění poziční horizontálních ovládacích pohybů bez zrakové kontroly má člověk tendenci prodlužovat krátké vzdálenosti a zkracovat dlouhé vzdálenosti. U vertikálních pohybů bez zrakové kontroly je tendence přehánět obě vzdálenosti, krátké i dlouhé. Rozsah pohybu je člověkem posuzován přesněji než síla pohybu a ta opět přesněji než doba trvání pohybu.

Pohyby rukou jsou přesnější než pohyby nohou, pohyby horizontální přesnější než pohyby vertikální. Páka pohybující se směrem od sebe — k sobě dává z hlediska přesnosti ovládacího pohybu příznivější výsledky než páka pohybující se směrem doprava — doleva. Umístění páky pohybující se směrem od sebe — k sobě se z tohoto hlediska doporučuje max. 600—650 mm od opěradla a ve vzdálenosti 100—500 mm nad úrovní sedací plochy.

Pro provádění přesných přímých horizontálních pohybů se vzhledem k práci při ovládání doporučuje maximální ovládací síla 20 N. S rostoucí ovládací silou klesá i přesnost ovládacího pohybu.

Ekonomičnost pohybů pákou

Energetický výdej při ovládání pák závisí na ovládací síle, rozsahu a době trvání ovládacího pohybu, poloze páky vzhledem k operátorovi a na četnosti ovládacích pohybů. Otázka doby trvání ovládacího pohybu

souvisí s dříve zmíněnou otázkou rychlosti ovládacích pohybů. Je třeba určit optimální ovládací sílu, polohu páky, rozsah a četnost ovládacích pohybů tak, aby byl splněn požadavek psychofyziologického optima obsluhy. Pokud se týká optimálních ovládacích sil, lze obecně stanovit jen hranice maximálních a minimálních zatížení, mezi nimiž leží optimum. Rozsah pohybu při ovládání pákou se doporučuje 150—170 mm.

Pohybové dovednosti

Veškeré pohybové děje jsou doprovázeny utvářením aferentní syntézy informačních signálů v nervovém systému, a to na základě porovnávání zadaných a skutečných hodnot parametrů pohybu.

V procesu nácviku, kdy se pohyb uskutečňuje podle zadaných parametrů, se mezi vnitřním a vnějším aferentním systémem utváří podmíněné reflexní spojení, a to tak, že každému signálu přicházejícímu zvenku odpovídá určitá skupina aferentních signálů přicházejících z proprioreceptorů. Při dalším zpevňování pohybového návyku se vypracovává dynamický stereotyp vazeb mezi vnějšími a vnitřními aferentními systémy.

2. CHARAKTERISTIKY OVLÁDAČŮ

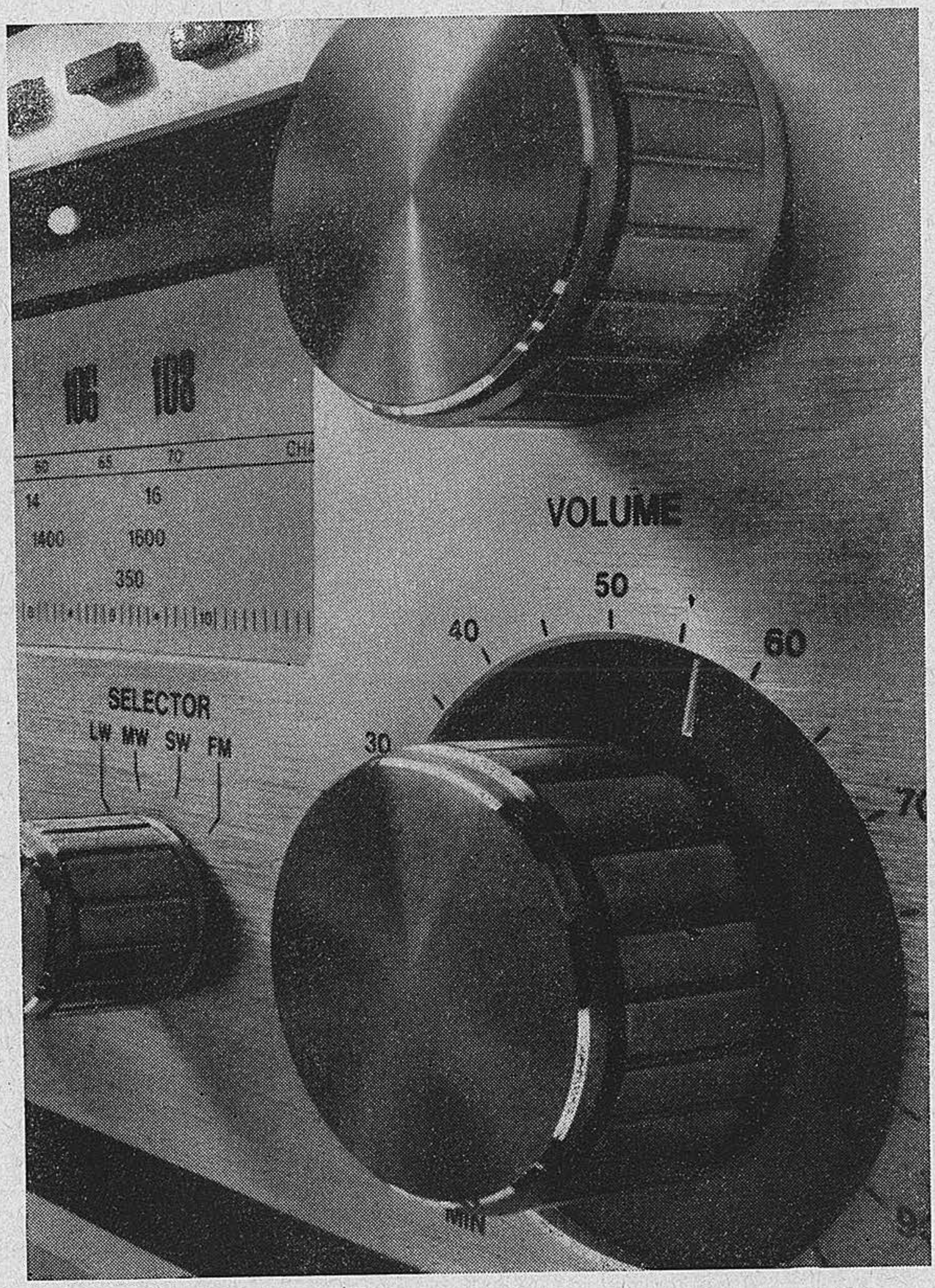
Ovládače jsou prostředky, pomocí nichž lidé, kteří používají stroje, specifikují svou činností akce, které má stroj vykonat. Zatímco sdělovače umožňují operátorovi, aby zjišťoval, co se děje se strojem, ovládače umožňují, aby informace přešla od člověka zpět ke stroji a tak se uzavřel systém.

K dispozici je velký počet druhů ovládačů, což dosti znesnadňuje jednoznačnou klasifikaci. Konstruktér musí vybrat ovládač podle řady kritérií. Inženýrská psychologie může poskytnout některá doporučení konstruktérům jak postupovat.

Jedno z prvních potřebných rozhodnutí je, zda řízení má být prováděno rukama, nohama nebo jinak. Takové rozhodnutí musí být založeno na funkčních požadavcích samotného řízení, jak rychle, přesně, silně a dlouho má působit. Obecně vzato rychlé a přesné působení by mělo být realizováno rukama, zatímco velké pohyby, vyžadující značnou sílu, by měly být prováděny nohama. Měl by se rovněž pečlivě uvážit princip rozložení pracovní zátěže na končetiny, s přihlédnutím k souběžným a následným úlohám.

Rychlost nastavení ovládače má nejenom vztah k druhu ovládače, ale také k rozsahu nastavení. Přesnost lze dosáhnout často jen tehdy, je-li použit ovládač s velkým rozsahem pohybu, zatímco doba nastavení vzrůstá s rozsahem. Konstruktér musí vybrat rozsah, který umožňuje dostatečnou přesnost nastavení tak, aby jí bylo dosaženo v přiměřené době (obr. 48). Je třeba si uvědomit, že zatímco přesnost se zvyšuje úměrně s rozsahem, rychlost nikoli, protože zapínací a vypínací pohyby jsou vždy účastny a jsou vždy konstantní. Rychlost jakéhokoli úkonu bude navíc ještě ve vztahu k celé řadě možných stavů řízení a k nejistotě, kdy vlastně bude dán signál, který má vést k určitému úkonu.

Tělo operátora řídícího stroj je samo řízeno nervovým systémem, kte-



Obr. 48 Vhodné ovládače pro jemné vylaďování

rý funguje na základě principu zpětné vazby. Když operátoři používají ovládače strojů, jsou již většinou tak zkušení, že použijí přibližně správné síly na ovládače a přitom stále sledují určité signály, upozorňující, že jejich pohyby jsou správné. Zpětná vazba může přijít přímo ze stroje (například hluk), nebo nepřímo pomocí sdělovače. Nejefektivnější formou zpětné vazby je přímá z ovládače samotného. Ovládač je pak vlastně také sdělovačem.

Tyto druhy, ve kterých se zpětná vazba uplatňuje, mohou být kategorizovány jako zrakové, sluchové, taktilní a kinestetické. Hlučnost ovládače může být užitečným vodítkem pro operátora, že se změnil stav. Taktilní zpětná vazba je zajištěna kmitem nebo náhlým poklesem odporu ovládače. Kinestetické počitky ze svalů umožňují člověku uvědomovat si polohu končetin v prostoru, i když má oči zavřené nebo když určitý prostor očima nesleduje.

Velmi důležitým činitelem, který značně ovlivňuje výkon operátora, jsou tzv. stereotypní očekávání. Při ovládání strojů mají lidé značný rozsah takových očekávání a při konstrukci je třeba k tomuto činiteli přihlížet. Např. se očekává zvyšování účinku řízené veličiny (např. napětí) otáčením ovládacího kolečka ve směru hodinových ručiček. Jejich nerespektování by mohlo zapříčinit i nehody. Vyhoví-li se stereotypním očekáváním, zkrátí se doba výcviku a zajistí se správné odpovědi i v zátěžových podmínkách.

Umístění ovládačů

Umístění ovládačů stroje ve vztahu k operátorovi je závislé na řadě činitelů, které mohou být někdy i rozporné. Operátor musí být schopen dobře dosáhnout na ovládače, i když je omezen oděvem, bezpečnostními pásy nebo nutností sledovat důležitý sdělovač. Jestliže ovládače mají být dosahovány bez zrakové kontroly, pak jejich umístění a vzdálenostem mezi nimi se musí věnovat zvláštní pozornost. Operátor musí mít možnost ovládačem pohybovat v požadovaných směrech. Ovládací síly musí být navrženy tak, aby i fyzicky nejslabší operátor je mohl snadno vyvinout.

Jestliže se ukáže potřeba zrakové kontroly pohybů ovládače, je třeba ho umístit ke středu zorného pole. Ovládače spojené se zrakovými sdělovači by měly být u těchto sdělovačů umístěny co nejblíže, aniž by to ovšem znesnadňovalo úkony.

Poměr sdělovače a ovládače

Je-li ovládač spojen se sdělovačem takovým způsobem, že přímo ovlivňuje proměnnou na sdělovači, pak jasný vztah mezi ovládačem a sdělovačem musí být pečlivě projektován. Poměr ovládače ke sdělovači je definován jako poměr mezi pohybem ovládače a ekvivalentním pohybem sdělovače. Tento poměr je často kritickým projektovým činitelem, ovlivňujícím výrazně výkon.

Zábrana náhodných úkonů

Možnosti neúmyslného, náhodného užití ovládače se musí věnovat značná pozornost, protože důsledky mohou být katastrofální. Kde je takové nebezpečí, je třeba ovládače blokovat jinou polohou nebo dvousměrnými pohyby, opatřit krytem apod.

Rozlišitelnost a kódování ovládačů

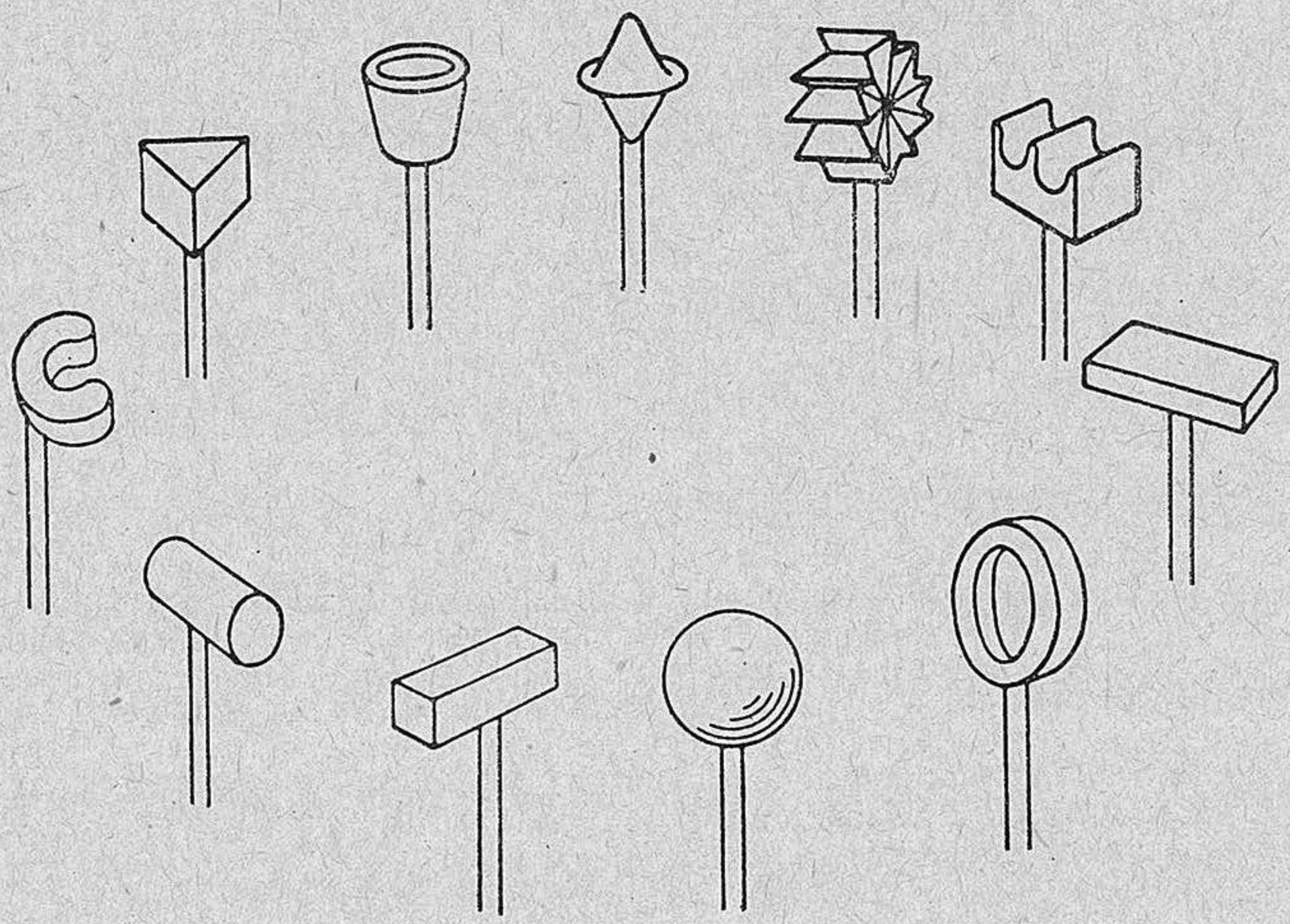
Umístění ovládačů je vhodným prostředkem kódování. Lidé mají velmi dobrou schopnost si zapamatovat, kde ovládače v prostoru jsou.

Odlišné barvy ovládačů se rovněž užívají ke kódování. Vhodné jsou zejména tehdy, když se spojí s určitým významem, např. červená pro nebezpečí. Obecně nelze doporučovat barvy jako základní kódovací prostředek. Barvy by měly být jednoznačně rozlišitelné a jejich počet omezený.

Velikost ovládačů by měla odrážet jejich funkci a jejich relativní význam (Křivohlavý, 1960 b). Jejich rozměr také poskytuje užitečný zrakový a taktilní kód. Podobně jako u barev by počet různých velikostí neměl být velký a měl by se měnit logaritmicky s rozdílem asi 20 % mezi jednotlivými rozměry.

Kódování pomocí tvaru může také pomoci při vizuálním a taktilním rozlišování. Je však třeba dávat přednost funkčním tvarům, ukazujícím na účel ovládače. Tvary mají být tak odlišné, aby již samotným dotykem je bylo možno odlišit (obr. 49). Taktilní rozlišování by mělo být užito jako pomocný způsob identifikace.

Pro identifikaci jsou též účinné popisky. Není totiž třeba žádného speciálního výcviku, může-li si operátor přečíst označení jednotlivých ovládačů. Pro popisky lze doporučit následující zásady:



Obr. 49 Jedenáct ovládačů různě tvarovaných, které se snadno rozeznají pouhým hmatem, bylo navrženo na základě psychologického experimentu

1. Popisky by měly být umístěny přímo na ovládačích nebo u nich, a to na celém pultu.

2. Popisek by měl být krátký. Užívání zkratek by mělo být omezeno na běžně známé.

3. Měla by se používat obvyklá slova a technické výrazy by měly být použity jen tehdy, jsou-li běžně známy všem operátorům.

4. Abstraktní symboly by měly být jednoznačně a obecně pochopitelné (typu plus, minus, šipka).

5. Písmena by měla být vždy v řádku, a ne ve sloupci.

6. Nefunkční popisky by měly být nenápadné.

7. Popisky by neměly být umístěny na zakřiveném povrchu nebo na pohyblivých částech.

Uspořádání skupin ovládačů

Když se konstruktér rozhodl pro přibližné umístění sdělovačů a ovládačů na základě požadavků vynaložení sil, vizuálních požadavků, priorit a frekvencí užití, následuje další fáze, tj. dokonalé sladění sdělovačů a ovládačů na panelech, pultech a konzolích.

Aby se zabránilo interferenci sdělovačů a ovládačů, doporučuje se, aby sdělovače byly umístěny ve středu nebo v horní části panelu. Ovládače mají být umístěny v dolní nebo periferní části panelu. Takovým způsobem se vyloučí zakrytí sdělovače rukou operátora.

Správné uspořádání sdělovačů a ovládačů do smysluplných a logických skupin umožňuje přesnou a rychlou práci.

3. ZÁSADY PRO VOLBU OVLÁDAČŮ

Charakteristiky motorické činnosti operátora podmiňují zásady pro volbu ovládačů (Lomov a kol., 1973).

Jako typické orgány řízení se obvykle používají řídicí kola, řídicí páky, páky, tlačítka a klávesy, příčkové vypínače, přepínače a řídicí kontroléry.

Obecné požadavky na ovládače:

1. Rozmístění prvků řízení v optimálním pásmu pohybu;
2. shoda směru pohybu řídicího kola, páky nebo přepínače se změnou regulovaného parametru objektu nebo s navyklými představami operátora (pohyb rukojetí „od sebe“, „nahoru“, „napravo“ vyvolává „zapnutí“, „spuštění“, „zvětšení parametru“, na pohyb rukojetí „k sobě“, „dolů“, „nalevo“ reaguje řízený systém „vypnutím“, „zastavením“, „zmenšením parametrů“, stisknutí spodních, zadních a levých tlačítek na řídicím panelu vyvolává „zastavení“, „zmenšení“ atd.);
3. rozměry a tvary řídicího ústrojí musí být vhodné k uchopení a k vyvíjení úsilí.

V závislosti na zkoumaném řídicím prvku mohou být předloženy doplňující požadavky, které zajišťují vysokou produktivitu práce operátora,

dobrou shodu s jeho psychologickými charakteristikami a minimální chybovost.

Základní typy ovládacích ústrojí z hlediska uplatňování doplňkových požadavků uvádí Křivohlavý (1970).

Člověk — operátor je považován za dostatečně spolehlivý článek v systémech řízení a obsluhy tehdy, je-li opožďování v systému menší než 0,2 až 0,3 s a frekvence vstupního signálu nepřevyšuje 1 až 2 Hz. Tyto hodnoty jsou určující při stanovení požadavků na systémy ručního řízení, a to společně s přípustným rozsahem pásma pohybu, s úsilím k ovládání orgánů řízení, s určeným tvarem a rozměry orgánů řízení.

IX. Simulátory

Simulací rozumíme užití modelových zařízení, která se chovají jako skutečná a mohou být užita nejen k rozvoji dovedností, ale i k výzkumu a vývoji technických systémů (obr. 50, 51 a 52). Simulátory mohou být nákladné, ale též jednoduché, které jsou užitečné převážně v průmyslu, ale i v jiných oblastech hospodářské praxe.

1. DRUHY SIMULACE

V systémech lidé — stroj je experimentování velmi obtížné, a proto se používá simulace v reálném nebo zrychleném čase. Hlavním vědeckým cílem simulace je předběžné zkoumání systému (porovnávání různých projektů), resp. jeho verifikace ve výjimečných podmínkách. Můžeme rozlišit simulování na fyzikálních, logických a matematických modelech.

Simulátory můžeme rozdělit na simulátory s komplexní a částečnou úlohou. První typ je složitější a reprodukuje simulovaný systém z hlediska prováděných úkolů šířeji. U druhého typu se jedná o simulaci části systému, zpravidla jedné úlohy nebo pouze menšího počtu úloh.

Jestliže cílem je zlepšit funkci systému, je třeba určit kritéria validizace systému. Nejčastějšími kritérii jsou čas, poruchovost, nároky na zácvik operátorů, ekonomické a kvalitativní ukazatele.

Termín modelování se v psychologii používá ve dvou základních významech. Za prvé pro označení snah o vytvoření umělého intelektu, tj. strojů nebo zařízení, které mohou převzít určité duševní procesy nebo funkce člověka. Napodobují se buď konečné výsledky činnosti člověka, nebo samotný proces. V obou případech konstatujeme nepřítomnost jakéhokoli reálného psychického jevu — je plně nahrazen technickým nebo matematickým modelem psychiky. V tomto smyslu se hovoří o technickém nebo matematickém modelování vnímání, paměti, myšlení a emocí. Za druhé se termín „modelování“ v psychologii užívá k označení modelů, které znázorňují určitý druh lidské činnosti v některé modifikaci.

Pokud veškerá činnost probíhá ve vzájemném působení člověka s předměty a jevy okolního světa v určitém fyzikálním prostředí, pak reprezentace těchto faktorů odpovídajícími modely vede k chování, jež ve vztahu k výchozí činnosti vystupuje jako více či méně adekvátní mo-

del. Z hlediska tohoto problému psychologického modelování činnosti se přechází k modelování podstatných komponent, ke konstrukci tzv. simulátorů. Simulátorem se nazývá takové modelové zařízení, které je určeno pro vyjádření systému člověk — prostředí nebo řídící operátor — výkonný operátor — technický systém.

Z rozboru struktury pracovních postupů v některých systémech je patrná značná komplexnost a složitost pevných komunikačních a organizačních vazeb. Tyto vazby jsou základem formálních funkčních vztahů, daných přesně stanovenými pevnými pracovními postupy i pevnými operačními programy systému.

Výsledky činnosti jsou ovlivňovány pružností pracovních postupů, operačních programů a spolehlivostí technického systému. Jestliže selže jeden článek systému, je třeba změnit operační program, pracovní postup. Čím méně jsou pracovní postupy pružné a čím jsou komplexnější funkční vazby systému, tím je pro skupinu obtížnější se s touto změnou vyrovnat a tím se také zvyšuje psychické zatížení členů skupiny. Z hlediska simulace je zvláště důležité zkoumat a upravovat ty podmínky, kdy přebudování pracovních postupů a operačních programů musí být realizováno v krátkém čase nebo jestliže se mezi jednotlivými pracovníky vyžaduje dokonalá souhra. Na dokonalost skupinové souhry má značný vliv systematický týmový výcvik. Proto se na simulátorech vedle individuálního výcviku provádí též výcvik interakce ve skupině, a to jak pro situace běžné, tak i kritické. Při organizaci skupinového výcviku je zpravidla respektována vzájemná zastupitelnost jednotlivých členů.

Užití simulátorů pro vyšetřování osob z hlediska metodického se podobá miniaturním pracovním situacím, které zjednodušeně duplikují specifickou činnost nebo druh pracovní operace, jíž se účastní operátor výkonný i řídící.

V posledních letech ve spojitosti s mnohostranným a intenzívním používáním simulátorů dochází k pokusům o zobecňování nahromaděných empirických dat (rozpracování klasifikace simulátorů, formulace hlavních principů jejich konstrukce i užití).

Vzrůstající zájem o teoretické základy konstrukce simulátorů se projevuje především v tendenci zabývat se touto problematikou v kontextu širokého pojetí modelu vůbec. Vědecké a inženýrské modely představují určité aspekty složitých jevů, struktur anebo systémů tvořených s využitím symbolů nebo předmětů, které určitým způsobem připomínají skutečný objekt.

Jednou ze základních myšlenek koncepcí modelování je ta, podle níž jakýkoli model může být charakterizován funkcí dvou na sebe vázaných, ale kvalitativně odlišných proměnných: úrovní abstrakce a věrnosti. Modely podle druhu abstrakce se dělí do tří kategorií: reproduktivní, symbolické a smíšené.

Podstatnou vlastností reproduktivních modelů je to, že v některém aspektu jsou podobné modelovanému předmětu. Přitom mohou být i podstatně odlišné v časových a prostorových dimenzích. Příkladem symbolického modelu je zastoupení činnosti člověka v systému „sledování". Sleduje se např. pomocí ručičky nějaká křivka. Zvláštní skupinu symbolických modelů tvoří matematické modely. Příkladem smíšených modelů, obsahujících jak rysy reproduktivnosti, tak i symbolizace, je glóbus.

Je reproduktivní v tomto smyslu, že má jako Země specifický tvar. Moře a pevnina jsou na něm zobrazeny v určitém měřítku. Barevný kód, používaný pro vyjádření hloubky a výšky terénu, je již symbolizací.

Věrnost modelu zahrnuje dvě charakteristiky: úplnost reprezentace a její přesnost. Na každé úrovni abstrakce může model reprezentovat pouze určité charakteristiky předmětu existující v reálném světě, při různém stupni přesnosti.

Obecná charakteristika simulátorů

Simulátory jsou určitým typem modelů. Abstrakce a věrnost tvoří jejich podstatné charakteristiky. Věrnost psychického modelování je určena stupněm shody mezi chováním člověka při jeho vzájemném působení se simulátorem a chováním v reálné situaci.

Při konstrukci simulátoru jsou možné dva způsoby:

1. Simulátor se konstruuje na základě potřeb formulovaných inženýry a psychology. Takovými mohou být některé simulátory pro výcvik a simulátory určené k diagnostice schopností a vlastností osobnosti.
2. Za základ při konstrukci se bere reálné vybavení, ale může být provedena i určitá úprava. Od skutečného zařízení, které simuluje, se může lišit:

a) podmínkami prostředí, v němž se používá;
b) tím, že některé prvky skutečného zařízení nejsou zastoupeny;
c) symbolickým zastoupením některých prvků skutečného zařízení;
d) napodobením některých prvků nebo vlastností skutečného zařízení, které vytvářejí iluzi jejich přítomnosti;
e) užitím některých doplňujících činitelů, jež nejsou ve skutečném zařízení, např. elementy zpětné vazby a registrační zařízení.

Klasifikace simulátorů

U simulátorových zařízení různého typu se obvykle vyskytují: program, optický, resp. akustický sdělovač, porovnávací prvek (porovnává úkon s programovanou odpovědí, podle výsledku se určuje další postup výcviku) a návěstní prvek (signalizuje opticky, resp. akusticky správnost a nesprávnost odpovědi).

Simulátory lze rozdělit podle rozvíjených typů dovedností do šesti skupin. Jsou to simulátory:

1. pro rozvoj dovedností, jak řídit stroje a zařízení;
2. pro vypracování zadané následnosti činnosti;
3. pro vytvoření žádoucího rytmu;
4. pro vytvoření dovednosti pozorovat a hodnotit údaje na přístrojích a rozhodovat se v podmínkách dané situace;
5. pro simulaci poruch;
6. pro vytvoření dovednosti identifikovat poruchy sluchem.

Z jiného hlediska lze simulátory klasifikovat též podle určitých skupin profesí, např. pro ruční práci, strojně ruční práci, práci s přístroji a řízení dopravních prostředků. Existují i další klasifikační hlediska.

Pro ruční práci má značný význam složitá struktura a velká přesnost pohybů. Proto jsou tyto simulátory zaměřeny na rozvoj směru, přesnosti a síly pohybů.

Pro strojně ruční práci je velmi důležitá přesná koordinace pohybů a časový smysl. Pro rozvoj časové orientace lze vhodně použít simulátory, u nichž se pomocí světelných signálů programuje vhodné tempo práce a následnost operací.

Základem činnosti pracovníků konstruujících a opravujících složité elektrotechnické a radioelektronické přístroje je zjistit a odstranit poruchy, k čemuž je třeba znát nejefektivnější algoritmus činnosti. K jeho vytvoření lze úspěšně využít simulátor.

Operátoři musí na základě údajů kontrolních měřicích přístrojů řídit technologické procesy v chemických, energetických a jiných provozech. V právě uvedených oblastech se simulátory úspěšně využívají.

Při výcviku pracovníků různých dopravních profesí je z psychologického hlediska důležitá schopnost správného a rychlého vnímání ve stále se měnících situacích. Pomocí simulátorů se právě tato schopnost rozvíjí.

Klíčovým problémem efektivnosti didaktické použitelnosti každého simulátoru je správné vyřešení míry dokonalosti programu, jehož obsahem jsou informace, rozložené do určitých dávek, jak je tomu obecně u vyučovacích strojů. Určení těchto dávek je poměrně jednodušší u simulátorů, jimiž procvičujeme určitou operaci, a poměrně složitější u komplexních simulátorů, představujících v určitém modelovém zjednodušení složité technologické zařízení, jehož obsluha je předmětem výcviku.

Psychologicko-pedagogické požadavky na konstrukci a použití simulátorů při programovaném učení lze vyjádřit v následujících bodech:

1. simulátor je určen k vytváření dovedností a současně k osvojování pravidel a k organizaci daných činností;

2. konstrukci simulátoru má předcházet algoritmický popis práce, vyjadřující následnost i velikost učební informace;

3. simulátor musí vytvářet dovednosti, nezbytné ve skutečných pracovních podmínkách;

4. simulátor musí modelovat podmínky pracovní činnosti a napodobovat vnější charakteristiku ovládačů;

5. simulátor musí zabezpečit zpětnou vazbou okamžitou informaci o chybném jednání a umožnit odstranění chyby.

Uvádí se, že simulátor je prostředek, který umožňuje vytvářet dovednosti nezbytné v reálných pracovních podmínkách. Toto pojetí poněkud zužuje význam i didaktické možnosti simulátorů. Dovedností se rozumí automatizovaná činnost a zautomatizovat lze pouze takové činnosti, které se ve výrobním procesu opakují beze změny. Současné simulátory však umožňují vytvářet též dovednosti orientovat se v neustále se měnících podmínkách a rychle se rozhodovat podle nově vzniklých změn v technologickém procesu. Příkladem takovýchto simulátorů jsou simulátory pro výcvik ve vyhledávání poruch v různých technických zařízeních (strojích, přístrojích, elektrických okruzích apod.), které rozvíjejí dovednost zjistit příčiny vedoucí k poruchám normální činnosti zařízení.

Při používání simulátorů se brzy ukázalo, že je vhodné zařadit mezi ně a předchozí teoretické školení ještě tzv. předsimulační panely. V některých případech to umožňuje překlenout značný rozdíl mezi teoretic-

KNIŽNICA

kou přípravou v učebně a pozdějšími nároky manipulace se složitým technickým zařízením.

Předsimulační panely se konstruují tak, aby rozměry a vnějším vzhledem odpovídaly řídicím panelům, které mají znázorňovat. Panely mají příslušné stupnice, výstražná světla, spínače aj. V základě jsou maketou, jejíž části však mohou být funkčně zapojeny a mohou se na nich simulovat i různé poruchy. V takových případech již hovoříme o simulačních panelech.

2. PSYCHOLOGICKÉ PRINCIPY KONSTRUKCE SIMULÁTORŮ

V literatuře zaměřené na teoretické otázky konstrukce simulátorů se objevují rozdíly v názorech na ty principy, jež podmiňují užití metod zkráceného, symbolického i imitujícího znázornění. Otázka, které prvky reálného vybavení mají být zastoupeny na simulátoru, se řeší výzkumem daného zařízení a na základě psychologické analýzy vzájemného působení člověka se strojem a objasnění druhu požadovaných dovedností.

Obvykle, s ohledem na náklady, se nemodelují ty prvky skutečného zařízení, pro jejichž ovládání není třeba speciálního výcviku a jež nejsou předmětem výzkumu, i když mohou být pro danou situaci velmi důležité.

Na základě psychologické analýzy výcvikových a zkoumaných operací se řeší též otázky vhodnosti symbolického nebo imitujícího znázornění, konstrukce přístrojových nebo nepřístrojových simulátorů. V souvislosti s tím věnují někteří autoři značnou pozornost klasifikaci pracovních dovedností z hlediska jejich psychologické struktury. Obvykle je dělí na:

1. senzomotorické dovednosti (zrakově pohybová koordinace);
2. procesuální návyky (algoritmy);
3. návyky identifikace;
4. detekce chyb v zařízení.

Pro výcvik nebo výzkum senzomotorických dovedností jsou téměř vždy nepostradatelné přístrojové simulátory s poměrně vysokým stupněm věrnosti. Počáteční etapa vytváření některých procesuálních návyků spočívající v zapamatování předepsaného algoritmu se může uskutečňovat pomocí komunikátorů.

Před vytvořením simulačního prostředku je nutné nejprve provést postupný rozbor simulované situace a specifického účelu simulace. K získání spolehlivých údajů o výkonu operátora nebo operátorů (řídícího a výkonného) v systému musí být vyvinut specifický postup, který by dovolil začlenit údaje získané ze simulace části úkolů (částečná simulace) do činnosti v celkovém systému.

Otázkou *věrnosti simulace* se konstruktéři a uživatelé simulátorů zabývali více než kteroukoli jinou otázkou. Věrnost odpovídá podobnosti mezi skutečnou situací a znázorněním této situace. Ideálním případem je kompletně realistické simulování; potom ale již nejde o simulaci, ale o reprodukci skutečné situace. Proto požadavek věrnosti spočívá v simulování adekvátním pro analýzu experimentální situace a dostatečném pro vysoký přenos dovednosti.

Chceme-li dosáhnout patřičné věrnosti simulace, musíme mít na zřeteli fyzikální i psychologickou podobnost. Fyzikální podobnost je stupeň, v němž simulace představuje fyzikální vlastnosti operačního vybavení a prostředí.

Fyzikální podobnost se týká skutečného fyzikálního jevu a charakteristiky simulace a skutečnosti. Je možné mít fyzikální model, který z hlediska svého ovládání, odpovědi a vztahů prostředí má malou podobnost s operací skutečnou.

Psychologická podobnost je stupeň psychologické podobnosti mezi operační situací a toutéž situací simulovanou. V této souvislosti musíme zkoumat zvláště pečlivě tzv. percepční podobnost, týkající se souladu vjemu s uspořádáním simulátoru. Nespolupracuje-li konstruktér simulátoru s psychologem, může se stát, že fyzikální charakteristiky nejsou voleny správně podle psychologických požadavků, důsledkem čehož je např. zkreslený vjem.

Hlavní otázkou při užití všech simulátorů je tedy věrnost napodobení skutečných úkolů. Nelze však opomenout, že náklady na simulátor rostou exponenciálně v závislosti na stupni věrnosti napodobení. Vždy se musíme snažit stanovit, kam až je žádoucí ve věrnosti simulace dospět. „Přeprojektování" realističnosti vede k nadměrným nákladům a může vést i k tomu, že obtížnost činnosti na simulátoru je podstatně větší než ve skutečnosti.

Často se diskutuje o obtížích při výběru vhodných kritérií efektivity simulátorů. Při použití určitého druhu simulátoru je důležité znát, jak je efektivní, tzn. jak dobrý je přenos ze simulované do skutečné situace.

Simulátory rozdělíme podle druhu systému na simulátory s uzavřeným a otevřeným systémem.

U *simulátorů s uzavřeným systémem* člověk do určité míry ovládá proměnné prostředí. Tyto simulátory mohou být různého stupně složitosti a mohou se více či méně blížit skutečnosti. U řady z nich se kombinují proměnné prostředí a proměnné stroje.

Simulátory s otevřeným systémem jsou zaměřeny na prostředí, člověk je neovládá. Hodí se dobře pro výzkum vlivu neobvyklého prostředí na člověka. Tyto vlivy lze zkoumat buď izolovaně, nebo v různých kombinacích srovnáváním účinku před, při a po působení. Může se také provádět takový výcvik, aby operátor nebo operátoři (řídící a výkonný) zvládli činnost i ve ztížených pracovních podmínkách. Takto lze sledovat výkon člověka v umělém prostředí a zjišťovat omezení, která se objeví i ve skutečných podmínkách.

Vývoj výcvikových prostředků by se měl řídit požadavky výcviku, které se určují pomocí analýzy úloh. Je zapotřebí určité systematické metodologie, aby charakteristiky výcvikových zařízení splňovaly požadavky výcviku (Hoskovec, Pour, Štikar, 1976).

Strategie konstruování simulátoru

Strategie konstruování simulátoru spočívá ve třech požadavcích: je třeba přesně určit požadavky výcviku, zjistit vše, co podporuje zavedení simulátorového výcviku, a připravit program jeho včasného užití. Jsou tři druhy pracovníků, kteří mohou ovlivnit konstrukci simuláto-

ru: uživatelé, kteří budou event. i cvičit žáky na simulátoru, psychologové, kteří sbírají data, zlepšují návrhy a integrují různé přístupy, a konečně inženýři, kteří navrhují zařízení.

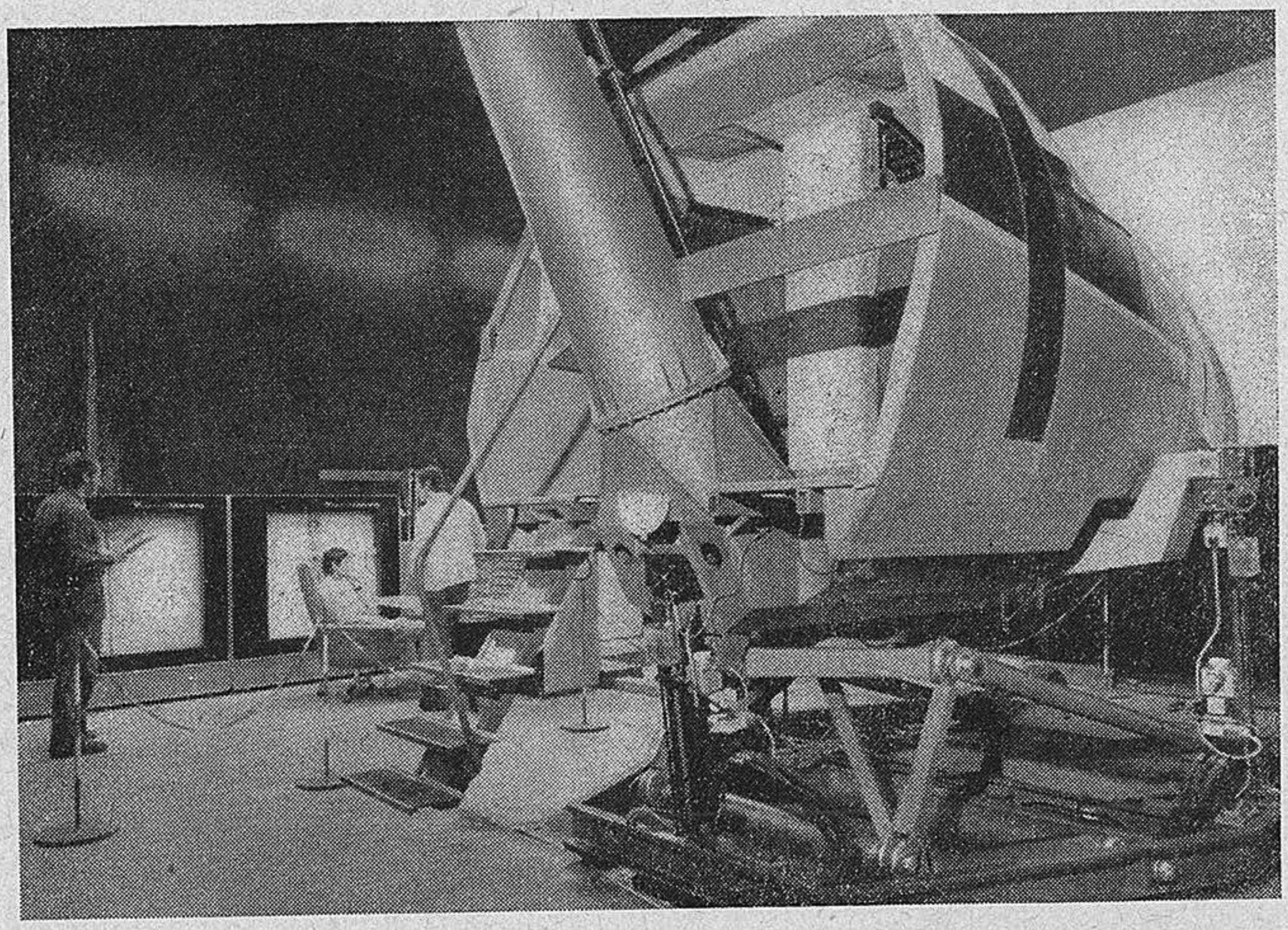
Existuje řada metod, kterých lze použít k určení výcvikových cílů a jež užívají analýzy úkolů. Tyto metody se pokoušejí identifikovat specifické dovednosti a znalosti požadované u těch osob, které absolvovaly výcvikový program. Požadované dovednosti a znalosti se srovnávají se skutečnými schopnostmi nových žáků. Rozdíly mezi běžnými a požadovanými dovednostmi určují výcvikové požadavky uvažovaného výcvikového programu. Takový přístup může mít určité přednosti, ale také některá omezení.

Vhodný postup se zakládá na užití dat o chování v integrovaných systémech vývojového procesu zahrnujícího uživatele, psychology a inženýry. Smyslem postupu je včasné určení výcvikových požadavků, k jejichž splnění má simulátor přispět. Včasné rozpoznání je dosaženo pomocí koordinovaných vstupů od uživatele, který se zabývá výcvikovými požadavky, a od inženýra, který se zabývá dosažitelnou technologií. Výcvikový psycholog by měl být odpovědný za koordinaci těchto vstupů a měl by působit také jako prostředník mezi uživatelem a inženýrem. Za vhodných podmínek psycholog integruje různé vstupy s ostatními daty a zajišťuje, aby požadavky výcviku bylo možno ekonomicky plnit.

Ve funkci prostředníka je pro psychologa nejlépe začít proces analýzy úkolu konzultací s uživatelem a poté prostudovat základní dokumentaci pro uvažovaný systém (posuzovací archy, technické předpisy, příručky a sylaby kursů). Základní dokumentaci lze užít k rozvoji podrobných analýz chování, časových řad a funkčních postupových diagramů úloh, které mají být cvičeny. Analýzy časových řad jsou důležité pro koordinační výcvik pracovních skupin a zajišťují, aby byla dodržena následnost úkolů mezi členy pracovní skupiny.

Měl by se také zajistit úplný popis podmínek vztahu podnětu a odpovědi pro každý typ ovládače a sdělovače, který je zahrnut v jednotlivé úloze. Analýza by též měla zahrnovat seznam všech úkolů a jejich pořadí. Pro každý úkol a podúkol se musí vypracovat popis počátečních a konečných podmínek, požadovaných úkonů a rovněž příslušných ovládačů a sdělovačů. Analýzy úkolů by měly také popisovat vnější i rušivé podmínky, za nichž se užívají schémata podnět — odpověď. Uživatel je zodpovědný za ověření všech stránek analýz úkolů jak v průběhu, tak i po jejich skončení.

Právě popsaný proces získávání dat předpokládá, že všechny úkoly lze a také je třeba rozložit do detailnějších podúkolů a že úkoly lze popsat v pevných sledech jednotlivých kroků. Užití těchto předpokladů nemusí být jasné pro některé značně komplexní dovednosti. Některé úkoly není snadné redukovat na hierarchický soubor podúkolů. V těchto případech analýza úkolů musí sloužit na relativně globální úrovni tak, aby povaha úlohy nebyla porušena. To může mít někdy za následek neurčitý popis požadavků na simulátor a omezení možnosti přesného měření výkonu. Je rovněž důležité zajistit, aby pracovníci, kteří vyvíjejí a vyrábějí výcvikové zařízení, měli buď zkušenosti se zařízením, anebo měli osobní přístup k pracovníkům, kteří již zkušenosti s takovým zařízením mají.



Obr. 50 Konstrukce československého simulátoru TL 410 — malého dopravního letounu

Při ověřování analýzy počátečních dat pracovní skupina určuje specifické možnosti požadované od výcvikového zařízení. Důležitý je výběr úkolů, které mají být cvičeny, a stupeň věrnosti simulace, nezbytný k dosažení úrovně požadované výcvikem.

Výběr úkolů a nezbytná věrnost vyžadují detailnější analýzu specifických úkolů. Kromě obvyklého shromažďování popisných dat uživatel posuzuje každou funkčí úlohu a podúkol podle tří dimenzí: závažnosti, frekvence a obtížnosti činnosti. Takové posouzení je nezbytné, protože zajišťuje data potřebná pro požadovanou věrnost rozhodnutí, pro požadavky na konstrukci pracoviště instruktora a slouží jako základ pro měření výkonnosti.

Úkoly, které mají vysoké skóre podle tří dimenzí, musí být do simulátorového výcviku zahrnuty a úkoly, které mají nízká skóre podle tří dimenzí, lze vypustit, pokud nejsou nezbytné pro výcvik jiných úkolů s vysokým hodnocením.

Opakování procesu zahrnuje další ověřování úkolů, které zůstávají. U úkolů, kde hodnocení uvedených tří dimenzí není shodné, by se největší důraz měl klást na kritičnost a v menší míře na obtížnost během interakčního procesu. Kvantitativní metody pro vážení a kombinování tří dimenzí nejsou nezbytné, protože uživatel může hodnotit úkoly přímo ve vztahu k výcvikovému zařízení. Účelem třídimenzionálního hodnocení je, aby uživatelé citlivěji některé úkoly vybírali a jiné vylučili. Hodnocení rovněž poskytují data důležitá pro další rozhodování.

Úkoly, které byly vyloučeny z výcvikového zařízení, nelze ovšem ignorovat. Technické simulační zařízení by mělo být chápáno jako prostředek užitý v části výcvikového programu. Z toho plyne, že některé úkoly, které nejsou zahrnuty v simulační části, se mohou užít v jiné části výcviku. Specifické určení úkolů, jež jsou zahrnuty do nácviku na zařízení, vychází z pořadí daného hodnocením podle tří dimenzí. Takový výsledek je třeba posoudit též s ohledem na dosažitelné finanční prostředky. Inženýr potom odhaduje, jaké si každý úkol vyžádá náklady. Uživatel ověřuje rozhodnutí o pořadí a o nákladech ve vztahu k efektivitě výcviku. Psycholog se zaměřuje na řešení problémů objevujících se mezi uživatelem a výrobcem. Není-li např. uživatel spokojen s navrhovaným uspořádáním simulátoru, může psycholog tuto nespokojenost vysvětlit a přezkoumat zatím neobjevené podrobnosti analýzy úloh.

Důležitým, často se objevujícím problémem je nedostatek dat z analýzy úloh, vhodných pro určení výcvikových požadavků. Tento problém je vždy zahrnut v nových systémech, kde není zkušenost, na níž by bylo možno založit hodnocení podle tří dimenzí. Tento problém se může též vyskytnout u existujících systémů, dojde-li k nějakým novým modifikacím. Nejlepší strategií pro konstruktérský tým je hledat podobné zařízení a podobné úkoly, konzultovat s instruktory, kteří pracují s podobným, ale třeba starším zařízením. Musíme ovšem mít jistotu, že v základních rysech lze podobné situace využít.

Podobné výcvikové zařízení může být užito k zajištění dosti přesného, obecného popisu uspořádání simulátoru a nákladů na něj. Taková data mohou být užitečná při úvodním plánování a přípravě.

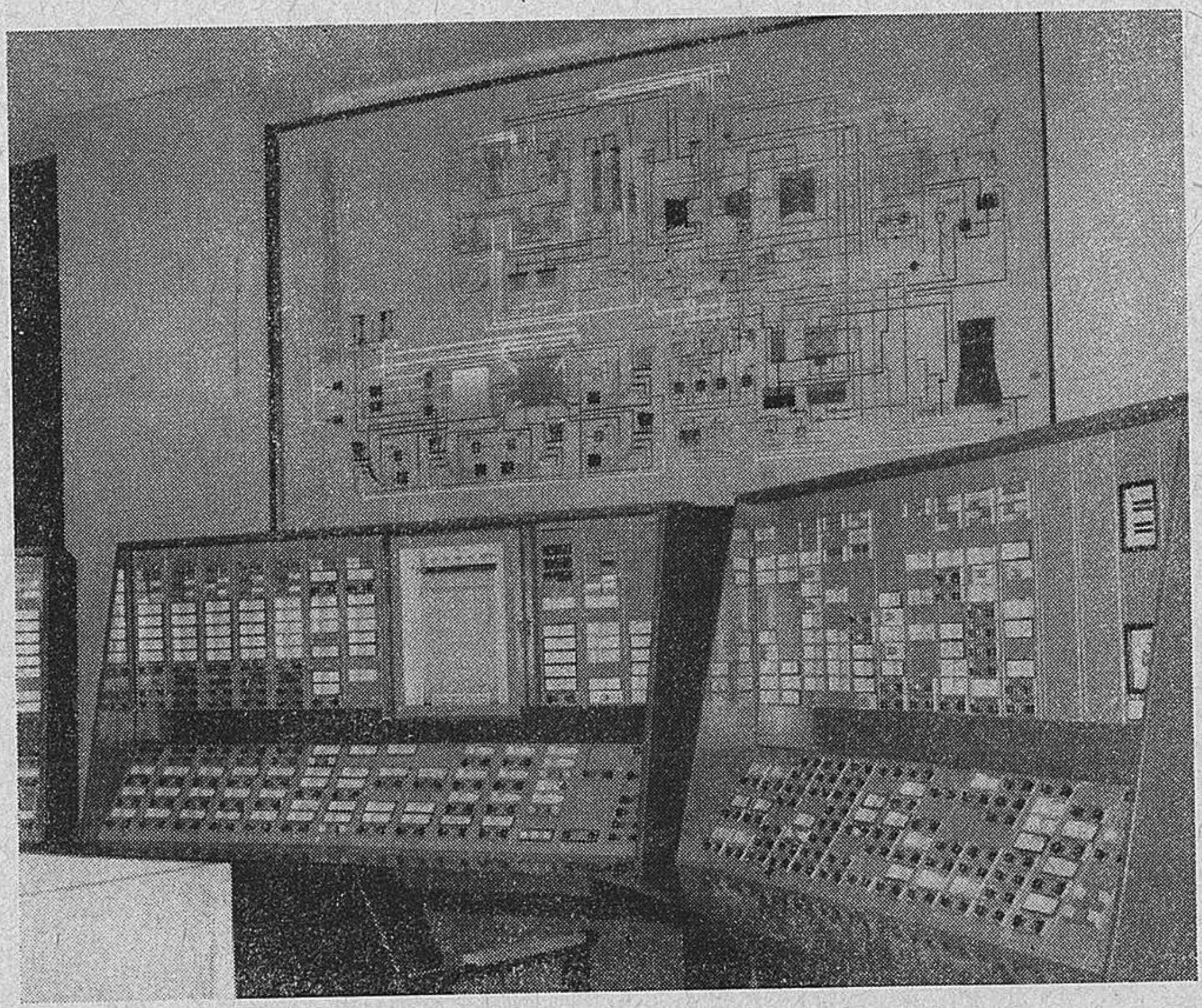
Je třeba též značné opatrnosti, aby nebylo nutno již vyvinuté zařízení ještě modifikovat. Vlastní výcvik lze vždy dodatečně upravit, když k tomu technické zařízení poskytuje podmínky.

Mnohé výcvikové úkoly vyžadují úplný výcvikový systém, tj. takový, který věrohodně duplikuje všechny podnětové podmínky. Jiné vyžadují třeba jen částečnou věrnost. Stanovit správný stupeň věrnosti je značně obtížné, ale nutné. Proto je třeba např. odlišit základní aspekty sdělovačů a ovládačů od méně důležitých. Tak je možné zaručit ten stupeň věrnosti, který je skutečně nutný.

Samotní uživatelé by měli ovlivnit rozhodnutí o věrnosti simulace a možnostech zařízení. Psycholog a inženýr mohou uživateli poskytnout informace nezbytné k úvaze o věrnosti, nákladech a výcviku. Jestliže je uživatel informován o zahrnutých a vyloučených specifických možnostech v pojmech výcvikového přínosu, snadnosti údržby a oprav, životnosti zařízení apod., potom může porovnat náklady a výcvikový přínos. Podobně stupeň věrnosti potřebný k zajištění specifických úkolů lze zhruba odhadnout v pojmech požadovaných vodítek a požadované jasnosti jejich prezentace.

Dotazujeme-li se uživatele, jak hodnotí ten který úkol co do obtížnosti, můžeme získat cenné údaje o tom, jak mohou být určité úkoly včleněny do simulátorového výcviku.

Měření výkonnosti má ve vztahu k výcviku dvojí smysl. Za prvé vytváří základ pro sledování výkonu žáka, takže rozvíjení dovedností může instruktor hodnotit. Za druhé slouží jako zdroj zpětných informací o pokroku při rozvíjení dovedností. Při navrhování simulátoru je tře-



Obr. 51 Simulátor bloku 200 MW ve výcvikovém středisku elektrárny v Tušimicích. Funkční technologické schéma (nahoře) a řídící operátorské pulty (dole)

ba též určit projevy chování, které je nutno měřit, a také určit, jak zvolené projevy chování měřit.

Výběr a posouzení úkolu představují důležitý podklad pro rozhodnutí, který způsob chování zjišťovat. Na základě hodnotících podkladů podle dimenzí závažnosti, frekvence a obtížnosti činnosti v jednotlivých úkolech a podúkolech psycholog může určit, kde by bylo měření výkonu nejhodnotnější. Je třeba sledovat a hodnotit ty projevy chování, které jsou závažné ve vztahu k účelu, a jež se často vyskytují a obtížně provádějí.

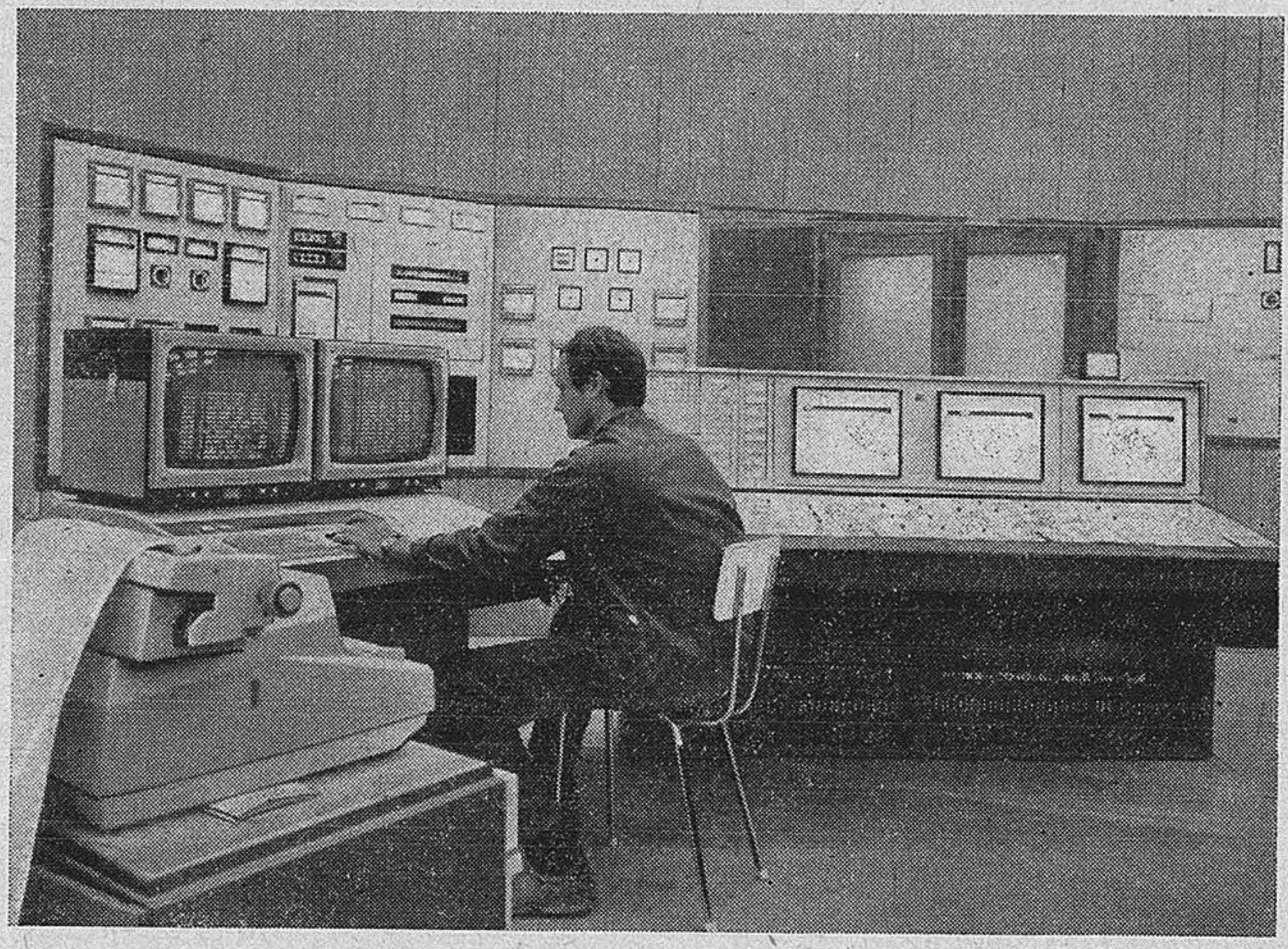
Pokrok v technologii číslicových počítačů podstatně zvýšil rozsah a úroveň instrukčních možností. Technologický pokrok usnadnil automatické řízení následnosti úloh na simulátoru, užití ukázek, reprodukce, záznamů a předprogramových scénářů. Tyto možnosti je třeba porovnávat s požadavky výcviku.

Dále je třeba uvážit, jaké jsou instrukční možnosti vzhledem k uživatelům. Instruktor nesmí být přetěžován. Je třeba mu usnadnit, aby se soustředil na čtyři činnosti: řízení a kontrolu, měření výkonu žáka při řešení úloh, sledování a záznam údajů, sdělování údajů a dalších instrukčních pokynů žákovi.

Každá část výcvikového prostředku, kterou může instruktor na svém stanovišti použít, by se měla hodnotit podle různých hledisek: podle požadavků na čas a pozornost instruktora, předpokládanou četnost použití v průběhu výcviku, požadavků na použití počítače, požadavků na spolehlivost a údržbu, umístění instruktora, nákladů a skutečné podpory výcviku.

Každou část výcvikového prostředku je možno podrobit zhodnocení podle dimenzí závažnosti, frekvence a obtížnosti činnosti, určit výcvikové možnosti těch částí, které jsou použity, a obtížnost užití jednotlivých částí. Jestliže např. mnohé úkoly trvají jen krátce, je třeba zajistit jejich opakování.

Výcvik v koordinaci činnosti pracovní skupiny je možno provádět, jakmile každý člen skupiny je do určité míry schopen plnit své povinnosti. Údaje o projevech chování pro vytvoření takového výcviku (včetně analýz podle dimenzí závažnosti, frekvence a obtížnosti) se shromažďují od takových skupin operátorů, o nichž se ví, že vynikají ve spolupráci uvnitř skupiny. Zvláštní pozornost je třeba zaměřit na ty aspekty, které způsobují nebo by mohly způsobit problémy ve spolupráci. Dosavadní analýzy spolupráce ve skupině ukázaly, že každý člen skupiny musí zpřesnit své očekávání toho, co kterýkoli další člen skupiny bude dělat. K tomu je zapotřebí, aby se příslušný člen pracovní skupiny seznámil s operačními požadavky, jež jsou kladeny na ostatní členy skupiny.



Obr. 52 Pracoviště operátora v elektrárně (Tušimice II). Některé z údajů se sdělují pomocí obrazovkových terminálů

Uživatel by měl plánovat včlenění výcviku na simulátoru do celkového výcvikového programu. To musí zahrnovat změny v osnovách výcviku, organizaci výcviku, výcviku instruktorů, rozsahu údržby a provozních nákladů, stavební přípravy a další.

Modelujeme-li pro výcvikové účely technické zařízení, je nutno nejprve rozebrat všechny složky řídících procesů, které jsou pro jeho ovládání operátorem podstatné. Hledáme především, jaké vazby mezi člověkem a technickým zařízením existují a jak se jednotlivé složky řídícího systému navzájem ovlivňují.

Operátor získává prostřednictvím svých smyslových orgánů informace o stavu a činnosti všech systémů potřebných pro zabezpečení činnosti. Nejdůležitější jsou informace, které získáváme zrakem. Především je to obraz okolí tak, jak se jeví při výhledu z kabiny. Dále jsou to údaje sdělovačů na přístrojových deskách a poloha ovládačů.

Kromě vizuálních informací jsou však pro řízení v některých případech důležité také doplňkové informace, které operátor získává prostřednictvím dalších smyslů: sluchem, smyslem pohybu a rovnováhy — tzv. vestibulárním aparátem v uchu — i přímým dotekem částí těla s částmi kabiny. Zvukové informace zahrnují hluky související s činností systémů, ale také slovní instrukce prostřednictvím komunikačního systému, kódové signály, výstražné signály, slovní informace automatického instrukčního systému apod.

Pohybové vjemy jsou někdy důležitým podnětem pro bezprostřední řízení. Nemalou roli hrají rovněž hmatové informace, které operátor získává přímým kontaktem svého těla s částmi zařízení. Sem patří odpor, který kladou orgány řízení operátorovi při manipulaci s nimi, charakteristický tvar rukojetí řídicích orgánů pro jejich snadné rozlišení hmatem apod.

Jednotlivé složky smyslových vjemů operátor ve svém vědomí slučuje a vyhodnocuje. Na základě toho si vytváří představu o stavu a činnosti systémů. Tuto představu potom hodnotí a porovnává s pojmy a představami uloženými ve své paměti, které si vytvořil a získal na základě předchozího výcviku. Toto zhodnocení je podkladem pro uvědomělé rozhodování, někdy však i pro reflexní činnost, jejímž výsledkem je odpovídající motorické jednání ve formě zásahu do řízení systémů. Vzájemný nesoulad vjemů jednotlivých smyslových orgánů může vyvolat nesprávnou představu (iluzi), což může mít za následek zcela nevhodný zásah do řízení.

Chceme-li řídící proces technických systémů s lidským činitelem modelovat, je nutno modelovat charakteristiky celé uzavřené regulační smyčky i charakteristiky všech jejích členů včetně operátora a objektu řízení.

Hlavní role při napodobování systému operátor — technické zařízení systémem operátor — simulátor přísluší informační a dynamické podobnosti obou těchto systémů. Informační podobností rozumíme hlavně podobnost psychických procesů činnosti operátora při vnímání informací, jejich hodnocení a přetváření při rozhodování a způsob manipulace s řízením v simulátoru a ve skutečném zařízení. Nutným předpokladem zajištění informační podobnosti je především zajištění dynamické podobnosti odezvy modelovaného zařízení a simulátoru. Můžeme rozlišit dvě základní složky podobnosti mezi zařízením a simulátorem — podobnost fyzikální a psychologickou.

Fyzikální podobnost

Fyzikální (někdy též říkáme technická) podobnost zahrnuje vnější vzhled celého interiéru kabiny. Patří sem podobnost nejen statických údajů přístrojů, ale i dynamická podobnost změn jejich úkolů při jakémkoli zásahu do řízení a ostatních systémů.

Veličiny a charakteristiky fyzikální podobnosti lze s dostatečnou přesností měřit a bezprostředně je porovnávat. Fyzikální podobnost bývá proto někdy zaměňována s pojmem věrnosti (nebo realismu) simulace jako celku. Vysoký stupeň fyzikální podobnosti je nezbytným předpokladem pro dosažení dojmu věrné simulace, není však podmínkou jedinou a postačující.

Psychologická podobnost

Z praxe víme, že zkušení operátoři dokonale ovládající zařízení daného typu mívají zpočátku při řízení na simulátoru potíže, i když fyzikální vlastnosti simulátoru jsou vysoce podobné nebo téměř shodné se skutečným zařízením. Existují ještě jiná kritéria pro dosažení věrné simulace. Při zkoumání tohoto jevu můžeme objevit, že některé z podnětů, jež jsou při řízení skutečného zařízení k dispozici, se u simulátoru nevyskytují nebo že jejich napodobení není dostatečně věrné. Tento nedostatek je potom příčinou uvedených nesnází.

Můžeme sem zahrnout např. z hlediska řízení letounu velmi důležité přímé pohybové vjemy, které pilot používá jako předběžné řídící podněty, dále nejrůznější zvuky signalizující, že je něco v nepořádku, vizuální vjemy pohybu letounu v prostředí, vliv přetížení, které pilota za letu upozorňuje, že by měl zacházet s řídicí pákou jemněji apod. Přiměřené prezentování informací tohoto druhu označujeme obecně za psychologickou nebo speciálně též za vjemovou podobnost simulace.

Přístroji je možné i tyto složky věrnosti simulace měřit. Přímé zhodnocení touto cestou však není v důsledku vlastností lidských čidel a mechanismů interpretace smyslových vjemů bezprostředně možné. Smyslové orgány člověka nejsou schopny vnímat velikost těchto podnětů absolutně, ale rozlišují jejich rozdíly po určitých odstupňovaných skocích, jež jsou závislé na individuální citlivosti a funkční způsobilosti příslušného orgánu lidského těla, ale též na fyzickém a psychickém stavu celého organismu.

Můžeme proto na jedné straně hovořit o úplné věrnosti psychologické (vjemové) simulace, i když se simulované podněty tohoto druhu do určité míry od podnětů v reálné situaci liší, pokud člověk tyto rozdíly nedokáže svými smyslovými orgány rozlišit. Na druhé straně pak nízká úroveň psychologické podobnosti simulátoru zpravidla způsobí, že jeho řízení se jeví operátorovi i mnohem obtížnější, než je tomu u skutečného zařízení.

Další psychologická složka, která vytváří dojem celkové věrnosti simulace, má úzkou souvislost s pojmem zátěže. Můžeme sem zahrnout jevy, jako jsou vliv rušení na činnost radiotechnických prostředků, proměnlivost vnějších podmínek, osobní vlastnosti, problémy a požadavky členů pracovní skupiny a jejich vzájemné vztahy, časovou tíseň, do níž se skupina může dostat v důsledku závad na zařízení apod. Musí-li ně-

který člen skupiny rozdělovat pozornost a čas mezi několik navzájem sí konkurujících činností, dochází k zátěžovým situacím.

Psychologicky je také důležité, jak je simulátor ve výcviku využíván, jaká je metodika výcviku na simulátoru. Technické požadavky pro simulátory toto zpravidla nespecifikují. Řešení simulátoru však musí i k těmto otázkám přihlédnout a zajistit pro to patřičné předpoklady, např. ve formě simulování různých typických závad, složitých provozních podmínek, standardních nouzových situací apod.

Realismus v simulaci zahrnuje nejen technické aspekty počítačového i nepočítačového systému, ale i organizační prostředí, v němž daný systém funguje. Nedostatek realismu v technickém či organizačním smyslu ovlivňuje negativně prožívání a chování člověka též tak, že si až příliš uvědomuje, že se jedná o simulaci.

Nedostatek technického realismu může přímo ovlivnit výkon operátora, např. tehdy, když se použijí nepřesné matematické modely nebo se vloží do systému nereprezentativní údaje. Takový typ nedostatku se může relativně snadno rozpoznat, a jestliže se neodstraní, může být alespoň snadno kvantifikován. Méně zřejmé vlivy na výkon mohou být důsledkem i menších nedostatků technického realismu. Např. rozdíly v typech ovládačů nebo displejů nebo opomenutí druhotných zdrojů informací o procesech mohou změnit operátorovu metodu příjmu informací o procesech i rychlost, se kterou je schopen rozpoznat zvláštní stavy systému a reagovat na ně.

Organizačního realismu je však obtížnější v mnoha směrech dosáhnout, protože se jedná o komplexní vzájemné vztahy skutečného světa. U některých simulací se používá příliš jednoduchého a někdy i zidealizovaného vyjádření. Úloha subjektu může být velmi zjednodušenou verzí jeho celkové práce. Takové simplifikaci nebo idealizaci je třeba se vyhnout.

Činitele tohoto typu mohou ovlivňovat operátorovo hodnocení realismu simulace, a tedy také jeho postoje a motivaci. Operátorův přístup k riskování může být jiný než ve skutečnosti. Může mít sklon při simulaci riskovat, neboť ztráty spojené s neúspěchem jsou iluzorní. Ale také může být naopak obezřetnější, protože si je vědom, že se jeho chování sleduje. Motivace operátora může být ovlivněna podobně. Člověk může být vysoce motivován přáním imponovat nebo i zájmem o novou situaci. Naopak považuje-li simulaci za nerealistickou, může to být jen malou pobídkou k tomu, aby dosáhl dobrých výsledků. Takové výsledky totiž nepovažuje za prakticky hodnotné.

Z hlediska chování subjektu nemáme dostatečně objektivní měřítka realismu simulace. Dojmy subjektu o simulaci a o mezích simulace mohou poskytnout užitečnou doplňující informaci k přímému měření výkonu. Diskuse se členy skupiny může též přinést cenné informace.

Některé problémy realismu simulace budou ilustrovat následující příklady, převzaté z hutního průmyslu. První se týká systému, kde se všechna stadia vývoje systému ve fázích simulace i skutečného provozu realizovala. Druhý příklad se týká činnosti systému ve stavu vývoje.

Důležitou funkcí hlubinných pecí je, aby ingoty byly zahřívány co nejekonomičtěji na teplotu vhodnou pro válcování. Aby se dodržel stálý přísun zahřátých ingotů na válcovací trať a aby se maximalizoval výkon válcovny, operátor musí čtyři až šest ho-

din předem připravovat rozvrh umístění a zahřívání ingotů. Doba ohřevu ingotů závisí nejen na charakteristice pece, ale také na teplotě ingotů. Účinný ekonomický ohřev byl dříve závislý na krátkodobých strategiích operátora. Aby se operátorovi pomohlo rozvrhnout činnost pecí na delší období, použilo se v simulační studii systému založeného na počítačích. Operátoři byli schopni efektivně využít nového systému a produkce oceli stoupla. Uvedené výsledky opodstatňovaly rozšířit systém zkoušek k dalšímu stadiu, které trvalo čtyři měsíce. Konečné výsledky však ukázaly, že nebylo plně využito simulačního systému informací, a to zejména proto, že byly přehlédnuty některé důležité organizační (komunikační) prvky systému.

Přesná kontrola procesu výroby oceli kyslíkovým způsobem je velmi obtížná. Operátor užívá nepřímých informací o procesu. Žádná z informací, vzata samostatně, nemůže však být použita k přesnému řízení procesu. Záleží velmi na tom, jak operátor interpretuje různé informace, a také na jeho zručnosti. Simulační projekt měl za cíl posílit schopnost operátora řídit proces tím, že mu poskytoval údaje na displejích od počítače. Tyto údaje vycházely z modelu dynamiky procesu. K hodnocení navrženého systému byl použit minipočítač PDP 11/45 a systém barevných grafických displejů. Hlavní problémy týkající se realismu simulace byly poznány. Ačkoli základní chemické procesy výroby oceli jsou jednoduché, modelování dynamiky procesu je komplexní. Byly také vypracovány složité matematické modely, ale ty potřebují velké počítače, mají-li být užity jako modely procesu v reálném čase. To vedlo k užití počítače ICL 1904s (reprezentujícího proces výroby oceli), jenž byl spojen s menším počítačem PDP 11/44 (reprezentujícím počítač řídící proces výroby). Řídící kapacita zkušeného operátora je založena nejen na sekvenčním vědomém rozhodování, ale též na paralelním získávání informací nejrůznějšího druhu. Nejsou to tedy jen počítačové displeje a tradiční přístroje, ale i přímé zrakové a sluchové sledování procesu, které je z hlediska realismu simulace rovněž důležité.

3. POUŽITÍ SIMULÁTORŮ PRO VÝCVIK

Simulátory se využívají zejména tam, kde je ve skutečnosti příliš nebezpečné, nákladné nebo obtížné pro jednotlivce nebo i celé kolektivy rozvíjet dovednosti. Při výcviku bez použití simulátoru je spíše nebezpečí, že si pracovníci osvojují zjednodušené pracovní postupy, na kterých pak setrvávají.

Ještě častějším problémem než nebezpečí jsou obtíže s výcvikem v důsledku přílišné komplexnosti činnosti nebo jejích částí. Mnohé operace, které zkušený pracovník provádí velice snadno, jsou ve skutečnosti kombinací řady separátních činností simultánně prováděných. Zkušený pracovník může pracovat velkou rychlostí často proto, že činnost provádí automaticky, bez vědomé kontroly. Začátečník je však ve velmi odlišné situaci. Naléhavě potřebuje přesně vědět, co vlastně má dělat pro to, aby mohlo dojít ke zlepšení výkonu při opakování. Někdy by pracovník potřeboval při výcviku zpomalit a posoudit svou činnost, což mu běžný proces často neumožňuje. Musí-li se hned na začátku své praxe přizpůsobit tempu zkušených pracovníků, osvojuje si někdy metody značně odlišné a méně efektivní.

Výcvik přímo v provozu je nákladný. Provádí se na drahých strojích. Výrobní plány mohou být nerealistické, když se období výcviku pracovníků podhodnotí, k čemuž dochází, jsou-li pracovníci cvičeni přímo v provozu.

Simulátory mohou usnadnit rozvoj dovedností v raných stadiích výcviku. Složky dovednosti lze totiž izolovat a cvičit zvlášť. Simulátory mohou snižovat celkové náklady na výcvik. Snížení nákladů plyne ze zkrácení doby výcviku, z eliminace dlouhého platú v křivce výcviku, z větší motivace rychlým úspěchem, kde činnost je měřena a zacvičovaný pracovník jasně vidí pokrok.

Simulátory, které jsou určeny k výcviku jednotlivých nebo kombinovaných dovedností, mohou být zaměřeny na přijímání informací, percepcí, rozhodování a reagování. Toto rozdělení je užitečné. I když jsou totiž simulátory použity ke zcela odlišným činnostem, přece jejich základní principy zůstávají podobné.

V současné době dochází k rozšíření původní koncepce technického řízení v rámci simulovaných systémů o sociální zařízení a interakci. Není již nadále možné studovat pouze výkon jednotlivce na simulátoru, ale je zapotřebí měřit jeho výkon v souvislosti vazeb k pracovníkovi, který ho řídí, resp. kontroluje. Studium operací s přístrojovou technikou, kde je třeba komunikace alespoň dvou pracovníků ke zvládnutí pracovních úkolů, je v popředí současného zájmu.

Ze zkušenosti je známo, že efektivnost komunikace a výkonnosti některých pracovních dvojic je větší než jiných, i když se třeba přesně neřídí stanovenými normami. Znalost psychologických mechanismů, které vedou k optimu komunikace a výkonu v rámci simulované činnosti, je velmi žádoucí.

Podstata některých výzkumů spočívá ve snaze zjistit, nakolik se zlepšila či zhoršila činnost na skutečném zařízení po předchozím výcviku na trenažéru. Ve výsledku výcviku je třeba oddělit efektivnost trenažéru. Rozdíl ve výsledku experimentální skupiny je „čistým“ efektem výcviku na trenažéru.

Aby bylo možno mezi sebou srovnávat ukazatele přenosu dovedností při užití různých trenažérů, jsou ukazatele udávány v procentech. K tomuto účelu jedna skupina osob cvičí na skutečném zařízení (pokud je to možné) a výsledky této skupiny tvoří základ srovnávací stupnice. Jsou možné dvě varianty:

1. skupina cvičí na skutečném zařízení během určené doby a její výsledky se berou za 100 %;

2. za 100 % se bere veličina nepřímo úměrná době, které bylo zapotřebí k dosažení požadovaného stupně výcviku.

Jestliže při výcviku na skutečném zařízení k dosažení určeného stupně dovednosti bylo třeba např. 3 měsíců a při výcviku na trenažéru pouze 1,5 měsíce, pak velikost přenosu v tomto případě se bude rovnat 200 %.

Velikost přenosu při použití trenažéru je různá a závisí na faktorech podporujících užití trenažéru. V těch případech, kdy výcvik na skutečném zařízení je nežádoucí (z důvodu bezpečnosti nebo ekonomických ztrát), je plně oprávněné použití trenažérů, přinášející nejméně 100% přenos.

Jednou z vlastností přístrojových trenažérů je použití speciálních přídavných zařízení zajišťujících cvičenému vizuální orientaci a zpětnou vazbu při vytváření pohybových dovedností. Tato přídavná zařízení se někdy dodatečně instalují na skutečná zařízení a vytvářejí se tak trenažéry.

Přednosti a nedostatky trenažérů

Přednosti trenažérů:

1. snižují zbytečné napětí a strach žáka v prvních lekcích;
2. při skupinovém výcviku snižují celkové náklady;
3. lze použít programované instrukce u více žáků najednou;
4. pro menší pravděpodobnost poškození trenažéru se mohou více procvičovat některé obtížnější úkony;
5. při nácviku pomocí trenažéru lze promítat předem připravené situace v souladu s postupem výcviku;
6. jsou vhodným prostředkem pro nácvik reakcí na neočekávané a nebezpečné situace;
7. použitím trenažéru se zcela odstraní nebezpečí nehody při výcviku.

Hlavní nedostatky trenažérů:

1. není vždy dosaženo realistického pocitu;
2. pocit relativního bezpečí při nácviku na trenažéru se může uchovat po přechodu člověka do provozu.

Uvedené nedostatky lze vhodně kompenzovat v další fázi výcviku. Výcvikový simulátor věrně napodobuje vlastnosti určitého typu stroje ve skutečných podmínkách. Vytváří iluzi operace a slouží jako výcvikový prostředek pro žáky. Umožňuje učiteli objektivní registraci, pozorování a posouzení úrovně výkonu žáka. Aby byl podpořen dialog mezi žákem a učitelem, může být trenažér vybaven „pedagogickými vlastnostmi". Např. stupeň obtížnosti dalších úloh může být stanoven v závislosti na právě dosažené úrovni žáka. Tak průběžný záznam žákovy činnosti na trenažéru k pozdějšímu vyhodnocení a společné diskusi s učitelem má určitou pedagogickou hodnotu. Pomocí dalších technických zařízení může trenažér získat také vlastnosti automatického vyučovacího stroje, se kterým musí žák absolvovat pevný program. Při chybném jednání je trenažérem bezprostředně upozorněn a případně korigován.

Trenažér je z hlediska stavby většinou málo měnitelný, takže se na něm může zpravidla cvičit pouze pro daný typ stroje. Žák a v některých případech ani učitel se nepotřebují při používání trenažéru hlouběji seznámit s jeho technickými systémy simulace. Důležitým kritériem pro užití trenažéru je věrnost simulace. V ideálním případě by žák neměl pozorovat žádný rozdíl mezi trenažérem a skutečným technickým zařízením.

Tento požadavek je důležitý proto, že při markantních odchylkách mezi chováním na trenažéru a skutečném technickém zařízení si žák přivykne charakteristikám trenažéru, které však potom ve skutečnosti nenajde. Důsledkem toho jsou např. na trenažéru osvojené některé chybné reakce žáka, které se později nepříznivě projeví v praxi.

V závěru hodnocení výhod, ale i určitých omezení lze konstatovat, že trenažéry lze používat zejména tam, kde se dociluje podstatných finančních úspor při současně vyšší výcvikové hodnotě, nebo když cvičení ve skutečných podmínkách představuje určité riziko, nebo není vůbec

možné. Tyto předpoklady ekonomicky efektivního použití jsou splněny zejména za následujících podmínek:

1. Výcvik malého počtu osob pro řízení vysoce výkonných a na obsluhu náročných technických prostředků s charakterem jednotlivé výroby, určené pro jedno nebo málo použití;

2. výcvik středně velkého počtu osob pro řízení vysocevýkonných technických prostředků hromadné sériové výroby, ale s vysokými pořizovacími, provozními a udržovacími náklady pro mnohonásobné využití;

3. výcvik velkého počtu osob pro řízení běžných typů strojních zařízení za předpokladu poměrně jednoduché, a tedy i nenákladné simulace, zejména při skupinovém výcviku.

Vedle simulátorů pro vlastní výcvik pohybových dovedností jsou též simulátory, na kterých se pohybové dovednosti necvičí, ale zato se rozvíjejí schopnosti v chápání pravidel a principů určitých procesů nebo systémů, např. výrobních, či detekce signálů, např. v radiolokaci. Tyto systémy předpokládají někdy také interakci mezi dvěma nebo více pracovníky.

Přenos dovedností

Obvykle je kladena otázka: použijeme-li určitý počet hodin výcviku na trenažéru, kolik z nich bude podporovat přenos do skutečné situace? Takovou otázku je nutno řešit experimentálně pro každý nový druh trenažéru. Přitom je třeba srovnávat přenosový rozdíl vůči stabilnímu výkonu kontrolní skupiny bez trenažéru. Rovněž je třeba zjišťovat, jak trenažérový výcvik působí na přenosové výkony ve srovnání s těmi výsledky, kterých bylo dosaženo osobami, jež ovládly vždy jen skutečné technické prostředky.

Něco z toho, co se žák naučí na trenažéru, se přenese dobře (pozitivní přenos), nebo může mít útlumový účinek, či dokonce rušivě zasahovat do učení (negativní přenos). Nulový přenos znamená, že dříve osvojená činnost neovlivnila žádným způsobem osvojování nové činnosti v jiných podmínkách.

I když existuje celkový pozitivní přenos, některé části výcvikové zkušenosti (nacvičeného úkolu) se přenést nemusí. Některé další části mohou působit nepříznivě. Proto je nutné podrobné studium přenosu dovedností z trenažéru (Hammerton, 1967).

Je důležité stanovit meze, nad něž vzrůstající komplexnost trenažérů již nepřináší další přenos dovedností. Jestliže jednodušší, a tudíž méně nákladný trenažér usnadňuje přenos žádoucích dovedností tak efektivně jako komplexní trenažér, pak není ospravedlněno použití dražšího zařízení.

Některé dovednosti lze přenést poměrně snadno. Naopak jiné dovednosti se dají přenést jen velmi obtížně. Jestliže byl určitý trenažér konstruován tak, aby se jím dosáhlo pozitivního přenosu, a při výzkumu bylo zjištěno, že ho nebylo dosaženo, měla by být jeho konstrukce změněna. Některé části trenažéru nepřidávají výcvikovému prostředku výcvikovou hodnotu, ale pouze vnější zdání přesvědčivostí, a nemají významnější učební nebo motivační hodnotu.

4. POUŽITÍ SIMULÁTORŮ PRO VÝZKUM

Výzkum s použitím simulátorů je možné zaměřit na hodnocení výkonnosti pracovníků, diagnostiku psychických vlastností, analýzu systému člověk — stroj.

Zkoumána je ovšem činnost, jež je na simulátoru určitou modifikací činnosti původní. Hlavním problémem je zde validita měření. Pro metodu hodnocení výkonnosti má rozhodující význam jejich obsahová validita, vyjadřující stupeň, v němž měření provedené v simulovaných podmínkách zachycuje podstatné faktory skutečné činnosti. Kritériem je obvykle hodnocení expertů.

Základní charakteristikou diagnostických simulátorů je prognostická validita, tj. stupeň korelace mezi ukazateli simulované činnosti a kritériovým hodnocením, které charakterizuje následující úspěšnost zvládnutí činnosti nebo zjišťované schopnosti. V praxi to znamená předpovědět pomocí simulátoru, do jaké míry se testovaný operátor osvědčí ve skutečných podmínkách.

Při užívání simulátorů pro výzkum systému člověk — stroj jsou možné dva směry. První z nich je spojen s intenzívním rozvojem vědeckých disciplín, jako je např. systémové inženýrství, inženýrská psychologie, operační analýza či programovaný výcvik, a druhý s bezprostředním zpracováním oddělených funkcí. Tento druhý směr měření na simulátorech je v mnohém shodný s měřením v tradičním psychologickém experimentu, zejména z hlediska vztahů příčina — následek.

Výsledky výzkumu se simulátory mohou mít obecnější platnost než jen pro daný systém. Rozlišují se dva typy užití simulace při rozboru systémů. V prvním se simulují pouze podněty, tj. vstupy systému. Zkoumají se pouze reakce na tyto podněty. V druhém se simuluje vnitřní funkce systému. V tomto případě je proces simulace uskutečňován pomocí počítačů a výsledkem je matematický model.

K řešení řady důležitých inženýrskopsychologických otázek lze s úspěchem použít metody, jež v sobě zahrnuje přednosti modelování a všestranný soubor možností operátora. Toho lze dosáhnout využitím kombinovaného modelování, přičemž řízení matematického modelu stroje realizují zvlášť připravení operátoři.

Například výzkum systému řidič — rypadlo — prostředí byl realizován v Permském polytechnickém institutu na zakázku Uralmašzavodu. Cílem práce bylo zjištění rezerv produktivity rypadel pro těžbu v lomech a dosažení lepší shody možností člověka s technickými charakteristikami stroje.

K modelování byl využit speciální laboratorní výzkumný komplex, jehož částí byla kabina operátora s odpovídajícími ovládači i informačním modelem procesu, číslicový počítač a analogové počítače. Všechny části komplexu byly spojeny informačními kanály. Na analogovém počítači se uskutečnilo dynamické modelování stroje. Pomocí číslicového počítače se uskutečnilo generování náhodných vlastností objektu práce a také automatické zpracování výsledků výzkumu. Experimentátor v procesu výzkumu měl vzájemné zvukové spojení s operátorem a mohl sledovat chod experimentu na obrazovce.

Výzkum systému řidič — rypadlo je typický pro třídu ergatických systémů bezprostředního pozorování cyklického děje, v nichž jednání

operátora vyplývá z kontinuitních rozhodovacích úloh. Kromě různého typu jednotlivých rypadel k této třídě mají vztah systémy řízení jeřábů, nakládačů a některých důlních strojů, jež jsou rozšířeny v různých oblastech průmyslu. Všechny tyto systémy lze charakterizovat tím, že operátor bezprostředně přijímá senzorické informace o průběžném stavu stroje a prostředí. Vzhledem k tomu, že se v jejich činnosti prakticky nevyskytují režimy statických stavů, činnost operátorů při řízení prostorového přemísťování pracovní části stroje má nepřetržitý charakter v rozsahu každého pracovního cyklu.

Stochastický charakter procesů v takových systémech se určuje jak pravděpodobnostním charakterem řídící činnosti člověka, tak i náhodnými vlastnostmi prostředí.

Základní etapy výzkumu ergatických systémů metodou kombinovaného modelování jsou následující:

1. výzkum objektu řízení a charakteru operátorské činnosti v reálných podmínkách;
2. vytvoření a identifikace modelu;
3. výzkum vlivu vnějších prostředků činnosti operátora na její výsledky v modelových podmínkách;
4. zdokonalení systému pomocí modelování.

Výsledky výzkumu ukázaly, že přiměřenost modelu lze účelně hodnotit podle základních ukazatelů systému a také podle korelačních funkcí mezi základními proměnnými systému a pohybovými funkcemi operátora.

Srovnávala se efektivita při ručním řízení otáčení naběrací části rypadla mezi prostorem nabírání a vykládky s automatickým řízením otáčení bez korekce a s automatickým řízením otáčení s korekcí úhlu, kterou prováděl operátor.

Praktické výsledky simulátorového experimentu vedly ke zvýšení produktivity práce o 30 % při současném podstatném snížení pohybové zátěže operátora.

Některé druhy pracovních činností je nutno provádět v uměle vytvořené atmosféře (např. kosmonauti, potápěči, záchranáři). V simulovaných podmínkách speciálních komor se sledovala činnost a stav pracovníků v různě upravované umělé atmosféře.

Pro zachování optimální pracovní výkonnosti je rozhodující složení a celkový tlak umělé atmosféry hermetické kabiny. Kvalita umělé atmosféry a její tlak má v závislosti na délce pobytu v ní stále větší význam.

S nutností vytvořit umělou atmosféru se setkáváme již v 30. letech, kdy Piccard podnikl lety balónem do velkých výšek, a později, když byly podniknuty četné výzkumné lety do výšek 15—22 km ve stratolabech.

Na základě výzkumů, provedených v simulovaných podmínkách v SSSR a USA, bylo stanoveno, jaké má být složení umělé atmosféry a jaký má být celkový tlak. Např. kosmonauti jsou během letu ohroženi mimo jiné únikem plynů, a tudíž i celkového tlaku z hermetické kabiny, který může být značně rychlý. Z fyziologického hlediska se náhlý pokles tlaku v kabině projevuje:

1. vzestupem tlaku v tělesných dutinách obsahujících plyn;
2. vznikem dekompresní nemoci projevující se tvorbou plynných bublinek v krvi a tkáních;
3. ebulismem („var“ tělesných tekutin, označuje se také jako výškový nebo tkáňový emfyzém) při rychlém a velkém poklesu tlaku umělé atmosféry.

Souhrn těchto příznaků se označuje jako explozívní dekomprese. Pravděpodobnost jejího vzniku je sice velmi malá, ale stoupá v závislosti na době. Průběh explozívní dekomprese může být značně dramatický. V kabině kondenzují vodní páry — to může imitovat požár a kosmonauti ztrácejí na určitou dobu orientaci, dostanou se do značné deprese a mohou mít nepříjemné vegetativní reakce. V souvislosti s výzkumným užitím se poukazuje i na nezbytnost důkladné metodologické přípravy a ověřování validity užití simulátorů.

X. Člověk v automatizovaném systému řízení (ASŘ)

1. ZÁKLADNÍ PSYCHOLOGICKÉ PROBLÉMY BUDOVÁNÍ ASŘ

Budování ASŘ není jen technicko-ekonomickou záležitostí, ale přináší celou řadu problémů souvisících s lidským činitelem. Tyto problémy se týkají nejen inženýrské psychologie, ale zasahují i do sféry psychologie řízení, sociální psychologie, pedagogické psychologie apod.

K základním inženýrskopsychologickým otázkám patří uvedení do souladu charakteristik člověka a počítače (resp. ASŘ), aby se optimálně využily přednosti a redukovaly nedostatky těchto dvou složek. Koncepčním východiskem má být antropocentrický přístup při systémovém projektování. Toto projektování se týká nejen vstupně výstupních zařízení počítače (zejména terminálů, pomocí nichž komunikuje uživatel s počítačem), ale i způsobu programování, údržby počítače, jakož i řídících činností člověka, při kterých využívá jako pomocníka výpočtovou techniku (Stixová, 1978).

Prudký vývoj výpočtové techniky způsobuje značný přesun v důležitosti jednotlivých oblastí psychologického výzkumu a jeho aplikací v praxi. V období, kdy se počítače využívaly jen v klasickém výpočtovém středisku, byly v popředí otázky výběru a zácviku do jednotlivých profesí ve výpočtovém středisku. Pronikání počítačů do výroby a řízení obvykle probíhá ve formě budování automatizovaných systémů řízení (technologických procesů, řízení podniku nebo ve formě integrovaného systému zahrnujícího technologickou i ekonomickou sféru). Nejdříve se buduje informační systém (soustředění a zpracování údajů) a potom vlastní řídící systém. Automatizace založená na počítači se týká nejdříve dílčích řídících funkcí, potom organizačních jednotek podniku, jakož i nadpodnikové úrovně. V ASŘ však zůstává základní složkou člověk, v důsledku své schopnosti řešit úkoly tvořivého charakteru. Technické projektování ASŘ je usměrňováno podrobnými závaznými pokyny, avšak psychologické požadavky v tomto směru ještě nebyly kodifikovány. Výzkumy v této oblasti se u nás uskutečňují od r. 1971 a intenzívněji se sledovaly zejména sociálně psychologické aspekty (INORGA, pobočky Košice a Brno). Tato problematika není komplexně zpracována ani v zahraničí; u nás některé otázky monograficky zpracoval Stríženec (1978, 1980).

Nejnovější trendy ve výpočtové technice, vedoucí k budování celých sítí počítačů a k využití mikropočítačů a mikroprocesorů, přinášejí pro inženýrskou psychologii nové problémy, které bude třeba v předstihu výzkumně řešit a poznatky aplikovat v praxi už v etapě projektování systémů, a ne dodatečnými úpravami zařízení po zjištění závažných nedostatků. Kromě technického vybavení počítačů je důležité i programové vybavení. Náklady na programování dosahují totiž až 80 % z celkových nákladů na výpočtový systém. Psychologické poznatky uplatněné při návrhu programovacích jazyků mohou nejen zvýšit efektivnost práce, ale i ulehčit programování pro neodborníky, kteří se dnes stále častěji dostávají do styku s výpočtovou technikou. Zlepšení styku člověka s počítačem lze dosáhnout nahrazením nepřímé a pasívní komunikace přímou a aktivní komunikací s využitím obrazové, názorné formy (Shneiderman, 1980).

Vzhledem ke stále se rozšiřujícímu a diferencovanému okruhu uživatelů (kteří i sami programují) je třeba přizpůsobit programovací jazyky možnostem a schopnostem těchto uživatelů. V počátečním období vývinu počítačů byly velké nároky na programování, neboť se používaly strojové závislé jazyky. Potom se utvořily jazyky, které jsou nezávislé na konkrétním počítači, tzv. procedurově orientované (ALGOL, FORTRAN, COBOL atd.). Jejich výhodou je, že používané prostředky na popis výpočtových procesů jsou relativně blízké popisu ručního řešení úkolů. Tato skupina jazyků se nyní rozvíjí k univerzalitě, ale i ke specializaci. Novější skupinu tvoří problémově orientované jazyky, které umožňují formulovat úkoly téměř v termínech příslušné vědy (JOSS, BASIC, MIR atd.).

Otázkami přirozenosti programovacích jazyků se v poslední době zabýval Tichomirov (1976), a to v rámci širšího okruhu problémů komunikace v systému člověk — počítač. Tvůrci dosavadních programovacích jazyků jen intuitivně přihlédli k určité psychologické zákonitosti. Takovýto přístup na základě „zdravého rozumu“ však už nevede k zlepšením, a proto je třeba prohloubit odborné psychologické přístupy v této oblasti.

Pravda, komunikace v přirozeném jazyku má velké výhody (není třeba se ho učit, což zvyšuje počet uživatelů počítače; ulehčuje se řešení tvořivých úkolů tím, že řešitel se může soustředit na úkoly a nemusí se starat o syntaktická pravidla programovacího jazyka). Při utváření programovacích jazyků blízkých přirozenému jazyku se však nevyhnutelně zavádějí omezení, která jsou celkem nepřirozená, a proto někteří autoři odmítají užitečnost takovýchto jazyků.

Pokud jde o principy navrhování programovacího jazyka, Weinberg (1971) poukazuje na jednotnost (např. stejný význam stejné syntaktické konstrukce v rozličných kontextech), kompaktnost (používání zkratek, substituce funkcí atd.), lokalitu (závažné části programu na stejném místě). V posledních letech se utvořilo množství speciálních jazyků (odhaduje se, že každé 2 týdny vzniká jeden nový jazyk). Jejich tvůrci se však zpravidla zaměřují jen na manipulaci se symboly a nepřihlížejí k psychologické užitečnosti příslušného jazyka.

Efektivnost vzájemné spolupráce člověka a počítače závisí podle Gluškova aj. (1971) na jejich vzájemném dorozumění, dostupnosti počítače pro člověka, pohodlnosti styku člověka s počítačem, psychologické připravenosti člověka na tuto spolupráci, rychlém rozhodování atd.

Od člověka se vyžaduje poznání možností počítačů, jasná formulace úkolů, poznání programovacího jazyka a způsobilost popsat v něm způsob řešení úkolů, porovnání získaného výsledku s předpokládaným výsledkem. Od programového vybavení počítače se vyžaduje velká zásoba poznatků, porozumění vyšším programovacím jazykům, rychlé a správné odpovídání a schopnost organizace výpočtového procesu. Psychologická připravenost člověka řešit úkoly na počítači závisí kromě úrovně přípravy i na prostřednících styku (operátor, konzultant, programátor).

Pro budoucnost se při spolupráci člověka a počítače očekává utvoření symbiózy (Licklider, 1960), což předpokládá správné rozdělení funkcí mezi člověka a počítač. Lidé budou určovat cíle, klást otázky, řešit situace s nízkou pravděpodobností výskytu, vyplňovat mezery v programu počítače. Počítač přemění hypotézy na modely, které bude simulovat a ověřovat, hodnotit navrhované průběhy činností a vykonávat rutinní část duševní práce (hledání informace, výpočty, kreslení grafů).

Další významnou oblastí jsou sociálněpsychologické otázky zavádění počítačů a ASŘ. Výzkumy byly zaměřeny na otázky postojů, psychologické bariéry apod. (INORGA, 1976—1978, Řiháček a kol., 1975). Na překonání bariér se doporučuje systematická motivace, příprava pracovníků na zavedení ASŘ, a zejména vhodné zapojení budoucích uživatelů do projekčních prací. Obavy a odpor je možno snížit participací na přípravě systému, vhodným časovým rozložením změn, periodickými informacemi o důsledcích zavedení ASŘ.

Příprava uživatelů má být rovnocennou složkou organizační a technické přípravy zavedení ASŘ. Psychologickou přípravu uživatelů chápeme jako plánovité a systematické ovlivňování pracovníků, kteří přijdou do styku s ASŘ, a to tak, aby jejich poznatky, názory a postoje přispívaly k efektivnímu zavedení a fungování ASŘ. Vlastní přípravě má předcházet psychologická analýza názorů a postojů k ASŘ u pracovníků dotyčné organizace. Formy působení mají být diferencovány podle úrovně řízení, kvalifikace pracovníků, jejich dosavadních postojů a zájmů jednotlivých sociálních skupin na zavedení ASŘ.

2. ANALÝZA PROFESÍ VE VÝPOČTOVÉM STŘEDISKU

Výběr pracovníků pro počítačové profese se u nás většinou uskutečňuje na základě odhadu, školního prospěchu. Vzhledem k rostoucímu počtu pracovníků v těchto profesích a nutnosti zvyšování efektivnosti práce je potřeba otázky výběru, rozmísťování a zácviku řešit na vědeckém základě. Základním východiskem musí být analýza nároků na jednotlivé profese v konkrétních podmínkách. V zahraničí požadavky na všeobecné i specifické schopnosti v jednotlivých profesích rozvedl Dickman (1971). Podrobné profesiogramy uvádí Fostier (1971). Pro obtíže při aplikaci zahraničních poznatků v této oblasti jsme uskutečnili zkoumání základních profesí v našich výpočtových střediscích. Protože údaje jsou z r. 1972—74 a vývoj po stránce technické i organizační je v počítačové oblasti velmi rychlý, mají získané poznatky dnes spíše metodologický význam, resp. je třeba je ověřit v konkrétních podmínkách.

Z profesí ve výpočtovém středisku (vedoucí střediska, systémový analytik, programátor, operátor počítače, operátor periferních zařízení, děrovač, technik počítače atd.) jsme vybrali jako základní tyto: operátor počítače, programátor, technik.

Operátor počítače

Ve snaze získat všeobecně platné poznatky jsme výzkum uskutečnili ve více výpočtových střediscích s různými typy počítačů (CDC 3300, MINSK 22, TESLA 270, IBM 360/30). Základní metodou bylo pozorování a časová analýza práce (v minutových intervalech, a sice v různých hodinách dne a v různých dnech týdne). Získané údaje ukázaly, že nejčastější činností je manipulace s děrnými štítky (resp. páskami) a jejich snímači, potom následuje manipulace s magnetickými pásky a disky a s tiskárnou. Dále jsme použili psychodiagnostické metody (TSI, CATTEL 16 P. F., Couvého test koncentrace pozornosti, test číselné paměti, EOD, koncentračně výkonový test Abelse), speciální vědomostní test pro operátory (sestavil ho odborník pro daný počítač), jakož i hodnocení pracovní úspěšnosti (uskutečnil ho bezprostřední nadřízený podle námi vypracovaného schématu). Na základě statistického zpracování (korelační a faktorová analýza) byly vybrány extrémní skupiny úspěšných a neúspěšných operátorů, které sloužily ke stanovení nároků na psychické dispozice.

Z dosud publikovaných výzkumů i z našeho výzkumu vyplynula následující charakteristika práce operátora a požadavky na psychické schopnosti a vlastnosti.

Operátor počítače obyčejně obsluhuje ovládací pult počítače i jeho periferní zařízení (snímač štítků, paměťová média, tiskárnu). Průběh jeho činnosti je určen návodem na obsluhu počítače, provozními předpisy střediska a druhem uskutečňovaných konkrétních výpočtů (resp. pokyny programátora). K samotnému rozhodování dochází při poruchách způsobených technickými závadami nebo nesprávným programem. Menší závady odstraňuje sám, při větších zavolá technika, resp. programátora. Z tohoto hlediska je náročnější odpolední, resp. noční směna, kdy programátoři nejsou přítomni.

Rutinní charakter činnosti je výrazný zejména při novějších typech, resp. při 3. generaci počítačů. Klesá podíl intelektových činností, přičemž nároky na manuální zručnost (vkládání štítků, nasazování magnetických pásků a disků, manipulace s tiskárnou) se téměř nemění (s výjimkou nejnovějších páskových jednotek, jejichž nasazování je velmi jednoduché). Vyšší nároky na rozumové schopnosti jsou jednak při starších typech (bez dohlížecího programu) a jednak při multiprogramovém zpracování údajů (u nás zatím řídké — zde se vyžaduje od operátora optimalizace při vkládání souborů štítků z hlediska využití kapacity počítače). Z psychických funkcí jsou u operátora v popředí pozornost (současné sledování chodu několika zařízení), zručnost při manipulaci, krátkodobá číselná paměť (pokyny od programátora o rozmístění magnetických pásků), intelekt (v popředí je praktické numerické myšlení, pružnost a pohotovost rozhodování, rozlišování při posuzování poruch a závad ve výpočtech), slovní chápání a vyjadřování (při styku

s programátorem, používání příruček — často v angličtině), organizování práce v rámci skupiny operátorů a součinnost s programátory. Z vlastností se vyžaduje péče, přesnost, přizpůsobivost, smysl pro spolupráci (týmová práce), spíše uzavřený a úzkostlivý typ, zodpovědný přístup k práci.

Při výběru uchazečů se zdá důležitější schopnost svědomitě vykonávat rutinní opakované práce než nadprůměrná inteligence spojená s vyššími aspiracemi, protože vyšší aspirace vedou k nespokojenosti s prací a k fluktuaci. Je třeba brát v úvahu i měnlivý sociální status této vrstvy pracovníků.

Programátor

Významnou profesí ve výpočtovém středisku z hlediska ovlivňování celkové efektivnosti i předpokládaného růstu počtu pracovníků je programátor-analytik. I když je značná nejednotnost ve vymezení pracovní činnosti, resp. pojmenování rozličných typů programátorů, snažili jsme se zachytit nároky na pracovníka, který pracuje na úkolu od styku se zadavatelem až po odevzdání hotového programu. Nezabýváme se tu tedy těmi, kteří pracují téměř výlučně na analýze, resp. přípravě např. informačního podnikového systému, ani těmi, kteří jen rozepisují instrukce podle kódového blokového schématu („kódovači").

Programování je v podstatě převod úkolu z běžného jazyka do jazyka vhodného pro počítač. Zkoumání činnosti programátora je spojeno se značnými těžkostmi. Přítomnost pozorovatele narušuje běžnou činnost, experimenty jsou nákladné, posuzování zhotovených programů je ztíženo pro nejasná kritéria efektivnosti apod.

V zahraničí se profesi programátora věnovalo více autorů (Weinberg, 1971; Moulin, 1970; Pitariu, 1974; Bondarovskaja, 1974; Szafraniec, 1975), u nás operátora i programátora zkoumali Hladký a Matoušek (1971) a Benešová (1971).

Při našem výzkumu jsme použili (ve 3 výpočtových střediscích a v programátorském kursu) časovou analýzu práce (na základě záznamů, které podle naší instrukce vyplňovali programátoři každých 15 minut po dobu 20 pracovních dní), psychodiagnostické vyšetření (TSI, Cattell 16 P. F., CPAB — speciální test pro programátora od I. M. Palorma, který jsme přeložili a zpracovali pro naše potřeby) a hodnocení pracovní úspěšnosti. Kromě toho jsme porovnali intelektové profily TSI jiných autorů s našimi výsledky. Specifické nároky v jednotlivých fázích programátorské práce jsme zjišťovali technikou kritických událostí (záznamy programátorů o těžkostech při práci). U 180 vysokoškoláků jsme zkoumali vypracování experimentálního programátorského zadání (porovnání různých zadání, souvislost s intelektem a prospěchem).

Výsledky mnohých našich výzkumů zaměřených na práci programátora-analytika i konfrontace s nynější literaturou o této oblasti (zejména Dickman, 1971; Fostier, 1971) nás vedou k závěru, že práce v této profesi je značně náročná nejen na odborné znalosti, ale i na psychické schopnosti a vlastnosti příslušných pracovníků. Velmi pestrá pracovní náplň, značně odlišné organizačně ekonomické podmínky vyko-

návání práce a rychlý vývoj v oblasti programového vybavení počítačů neumožňují určit jednorázově obecně platné požadavky. Je možno zdůraznit jen některé základní charakteristiky, které v konkrétních podmínkách mohou nabýt odlišnou váhu z hlediska celkové pracovní úspěšnosti programátora. Měly by se však vyskytovat na nadprůměrné úrovni.

Jako důležité intelektové schopnosti se ukázaly: abstrakce, chápání vztahů, usuzování, praktické početní myšlení, teoretické početní myšlení, tvořivost, dále pružnost, kritičnost, smysl pro detaily, jasnost vyjadřování. Z osobnostních vlastností je v popředí emoční stabilita a odolnost proti zátěži, klid, sebevědomí, samostatnost, usilovnost, důslednost, ochota ke spolupráci (přátelskost).

Technik

Výzkumy práce technika počítače se většinou uskutečnily v rámci středisek pro vyškolování techniků pro počítače při určitých výrobních podnicích a jejich výsledky zůstávají soukromým vlastnictvím firem. Proto v psychologické literatuře je tato oblast velmi málo rozpracována.

Williams (1966) analyzoval práci technika při údržbě počítače (pomocí pozorování a testů) a zjistil, že jsou dvě hlavní oblasti faktorů podmiňujících úspěšnost jeho práce. Jsou to technické způsobilosti (teoretická a praktická znalost strojů, rychlost nalezení chyby, důkladnost při rutinní údržbě, manuální zručnost) a mezilidské vztahy (sebedůvěra a klid, vytrvalost a spolehlivost, dobré vztahy s operátory a zákazníky).

Nároky na vykonávání práce technika počítače se liší podle stupně vyspělosti, dokonalosti výpočtové techniky (poruchovosti) a její vybavenosti diagnostickými testy.

Při naší analýze jsme uskutečnili pozorování po dobu preventivní údržby (celkem 14 techniků při 3 počítačích), dále jsme použili dotazník, psychodiagnostické vyšetření (TSI, Cattell 16 P. F., koncentračně výkonový test, topografická paměť, test tvořivosti, test chápání mechanických vztahů z TDS) a hodnocení pracovní úspěšnosti.

Na základě pozorování jsme běžně vykonané práce rozdělili na jednoduché manuální práce (čištění, montáž, mechanické úpravy), kontrola činnosti zařízení (test zařízení, zraková kontrola) a práce náročné na koordinaci oko — ruka (nastavování snímačů, páskových jednotek apod.). Pokud jde o diagnostiku poruch, náročná je zejména při poruchách s tzv. nestálým projevem.

Psychologické požadavky na technika počítače je možno shrnout takto: Pokud jde o intelekt, vyžaduje se na úrovni vyššího průměru usuzování, chápání vztahů, prostorová představivost, abstrakce, praktické a teoretické početní myšlení, tvořivost, dále topografická paměť, chápání mechanických vztahů, pozornost, zručnost. Z osobnostních vlastností jsou v popředí emoční stabilita, vytrvalost, samostatnost, klidnost, flegmatický až uzavřený typ, bystrost, disciplína.

Uvedené schopnosti, způsobilosti a vlastnosti je třeba specifikovat při značně odlišných výpočtových systémech, resp. různé organizaci technických prací. Odlišnosti se projeví zejména mezi prací technika,

který je zaměstnancem výpočtového střediska, a prací techniků servisních organizací, kde je možná specializace, snadnější výměna zkušeností, ale obyčejně zase náročnější práce.

3. KOMUNIKACE ČLOVĚKA S POČÍTAČEM

Efektivnost využívání počítačových systémů závisí též na optimálnosti komunikace člověka s počítačem. Nerespektování požadavků na lidského činitele vede k nízkému využívání počítačů. Mnohé zahraniční výzkumy uvádějí stížnosti operátorů na technické a programové vybavení počítače (neadekvátní pracovní místo, nevhodné rozmístění kláves, nečitelnost písmen na obrazovce, hluk při terminálech, dlouhý odpověďový čas počítače, nevhodné programovací jazyky apod.).

Lze rozlišit dva hlavní způsoby styku člověka s počítačem: přímý a nepřímý. Přímý styk se uskutečňuje prostřednictvím terminálů. Jde tu o vstupně-výstupní zařízení pro přenos a příjem údajů při komunikaci s počítačem. Patří sem různé druhy klávesnic, obrazovek, tiskárny apod. Obrazovkový terminál obsahuje klávesnici na vstup údajů a obrazovku pro kontrolu vstupu, resp. výstup údajů z počítače. V poslední době se zavádějí tzv. inteligentní terminály, které zahrnují mikroprocesor umožňující zpracovávat údaje nezávisle na centrální jednotce počítače. Terminálové systémy se skládají z kombinace terminálů, přídavných zařízení, minipočítačů atd. Využívají se např. jako dotazovací systémy (např. rezervace letenek, dálkový záznam údajů) a též v dialogovém režimu (konverzační terminály). Nepřímý styk s počítačem se využívá při dávkovém zpracování údajů. Proces děrování štítků a jejich zpracování v počítači je časově a prostorově oddělený.

Vstup a výstup údajů

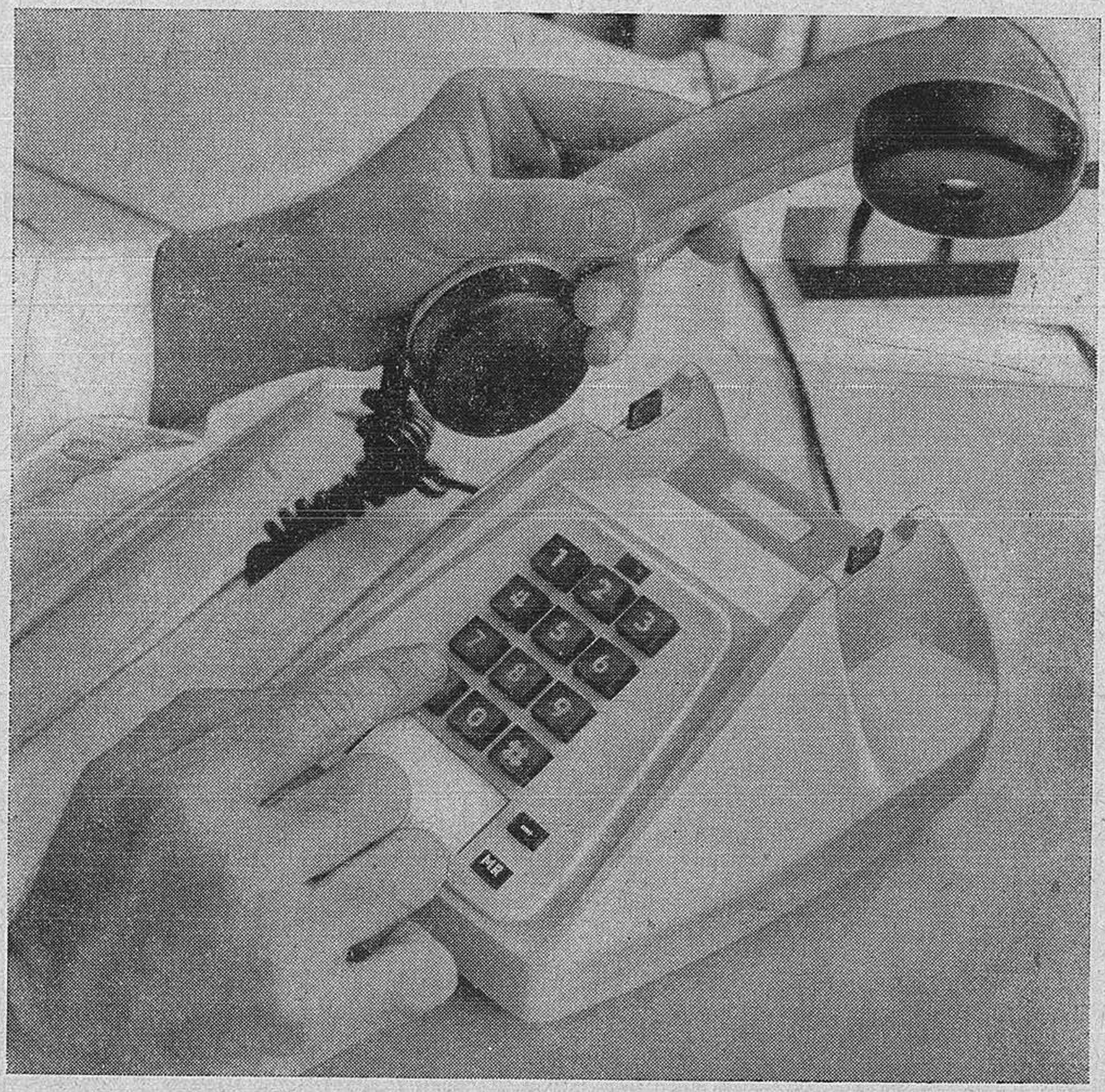
Vstup údajů do počítače se může uskutečňovat pomocí děrných štítků, děrných nebo magnetických pásků, klávesnice psacího stroje, dálnopisu, klávesnice obrazovkového terminálu, ručního označování nebo psaní znaků na formuláři, světelného pera, hlasového vstupu apod. Z hlediska efektivnosti styku člověka s počítačem je třeba hodnotit rychlost vkládání údajů a chybovost. Je třeba však přihlížet i ke zpětné informaci o správnosti vstupu a ke způsobu vymazání údajů a opravy chyb. Výkon na klávesnici závisí zejména na poloze a vzdálenosti od těla operátora a na typu uspořádání kláves. Někteří autoři doporučují rozdělit klávesnici na dvě oddělené části, pro pravou a levou ruku, při klepání čísel bez účasti zraku poskytnout „nulový bod“ v koordinačním systému ruky (např. vymezení jedné klávesy pro palec). Zvýšení rychlosti při klávesnicích závisí zejména na zkrácení vedlejších činností (např. ukládání a vybírání nositelů údajů zabírá při účtovacích automatech až 25 % času). Co se týká uspořádání čísel na číslicové klávesnici, méně chyb se vyskytlo při uspořádání používaném na tlačítkových telefonech:

123
456
789
0

(viz obr. 53) v porovnání s obvyklou klávesnicí na počítacích strojích:

789
456
123
0

Platí to pro nezacvičené osoby.



Obr. 53 Telefonní přístroj s tlačítkovou číselnicí (TESLA, Liptovský Hrádok)

Světelné pero se používá k načrtnutí (do bodů na obrazovce) alfanumerických nebo grafických údajů, čímž se zabezpečí jejich vstup do počítače. Umožňuje rychlejší vstup údajů, a zejména jejich změnu při konverzačním režimu. Při psaní na vertikální obrazovku však dochází k únavě.

Na výstup údajů z počítače se používají děrné štítky nebo pásky, tištěné sestavy, obrazovky, souřadnicový zapínač a akustický výstup. Při

výběru zařízení je třeba přihlížet k množství údajů, rychlosti výstupu, potřebě stálého záznamu, umístění operátora, přesnosti a spolehlivosti výstupu. Při volbě formy údajů jde o optimalizaci čitelnosti, srozumitelnosti, zaměření pozornosti operátora na prioritní údaje, geometrické uspořádání nebo časové seskupení, využití prostoru, rozdílné velikosti znaků, resp. barevnosti. Výzkumy ukázaly, že geometrické rozčlenění číselného řádu snižuje čas potřebný pro příjem informací. Blokové seskupení materiálu po 3—4 členech zvyšuje spolehlivosti přenosu. Doporučuje se sloupcový formát s krátkými řádky (30—40 řádků). Grafické zobrazovací jednotky začínají využívat konstruktéři při navrhování a jsou vhodné i pro řízení (např. grafické zobrazení trendů při plánování, řízení výrobního procesu).

Inženýrskopsychologické aspekty terminálů zkoumal zejména Stewart (1974), u nás se výzkumně některým otázkám z této oblasti (vizuální hledání v záznamech na obrazovce, práce lékaře při terminálu apod.) věnuje Zelman (1978). Cakir a kol. (1980) shrnuli požadavky na obrazovkové terminály (pro potřeby projektantů i používatelů těchto zařízení). Kromě technických popisů obrazovky i klávesnice jsou zde obsaženy i údaje o zapojení terminálu do výpočtového systému. Podrobně rozebírají světelné charakteristiky obrazovky, nároky na vidění, čitelnost znaků, kódování, formát, uspořádání klávesnice apod. Požadavky na úpravu terminálového pracoviště se týkají rovněž antropometrických aspektů, osvětlení, hluku, záření apod. Zvláštní kapitola je věnována hygienickým aspektům (pracovní poloha, větrání, zrakové přetěžování, únava, přestávky). Z inženýrskopsychologických doporučení uvedeme aspoň některá: výška znaku na obrazovce 4 mm (při vzdálenosti 711 mm), resp. 15 až 22′, poměr šířky k výšce znaku $^3/_4$ až $^4/_5$, vzdálenost mezi sousedními znaky 20 až 50 % šířky znaku, světelnost znaků 80 až 160 cd/m^2, světelnost pozadí 15 až 20 cd/m^2, úhel klávesnice 5—15°, tlak na klávesnici 0,25 až 1,5 N, dráha kláves 0,8 až 4,8 mm, vzdálenost sousedních kláves 18—20 mm, výška klávesnice od podlahy 720—750 mm, směr pohledu má být kolmý na doklady položené na stojanu; poloha stojanu pro doklady zavisí na úloze a častosti manipulace s doklady, plocha stolu pro doklady má být dostatečná, osvětlení pracovní plochy 300 až 500 luxů.

Dialogový režim

Snaha o bližší spojení operátora s počítačem se projevuje zaváděním terminálů a dialogového režimu. Jde tu o přímé spojení člověka s počítačem, kdy čas čekání na odpověď počítače nenaruší chod myšlenkového procesu člověka při řešení úkolu. Jde tu o častou výměnu relativně krátkých zpráv, což umožňují relativně jednoduché počítačové jazyky (úsporné, stručné, využívající kódy a zkratky). Při navrhování takového dialogu je třeba brát v úvahu přednosti a nedostatky člověka i počítače (Martin, 1973). Má se vycházet z cíle dialogu, kategorie uživatelů, stupně ovládání programovacího jazyka. Při nezacvičených osobách se používá dialog vyvolaný počítačem (operátor jen odpovídá na otázky, které jsou na obrazovce, a sice pomocí klávesnice). Pro dialog se může využít světelné pero (grafická schémata, fotografické

záběry). Např. při dialogu se pomocí světelného pera na obrazovce předloží seznam alternativ, resp. abecedně uspořádaných položek a operátor se perem dotkne položky, kterou chce podrobněji poznat. Pro laiky je důležité, aby první kroky při styku s počítačem byly jednoznačné a nedocházelo k chybám při vkládání příkazů a údajů.

Zahraniční zkušenosti ukazují, že mnohé terminálové systémy jsou nesprávně navrženy proto, že se nepřihlíželo k omezením lidské schopnosti. Dochází k přetížení operátora (mnoho zpráv současně nebo mnoho položek na uvažování), k jeho únavě, nedostatečné motivaci (nepozná svůj úkol v celkovém systému, není zabezpečena zajímavost práce). Ze syntaktického hlediska je důležité podávat najednou malé množství informace, od operátora se má vyžadovat krátká odpověď, je třeba se vyhýbat těžkým slovům a znakům, umožnit snadnou opravu chyb a vyžádání pomoci od počítače při nejasnostech. Počítač má vždy odpovídat operátorovi (alespoň v tom smyslu, že přijal zprávu). Dialog bude efektivnější, budou-li se dodržovat doporučení týkající se formátu údajů (zejména na obrazovce).

Při dialogovém režimu je důležitou otázkou odpověďový čas počítače. Čas převyšující 15 s zpravidla vylučuje konverzaci. Zde je třeba operátorům umožnit, aby zprávu přijali tehdy, kdy jim to bude vyhovovat. Čas větší než 4 s ztěžuje řešení problému. Oznámení chyby, kterou udělal člověk, má následovat za 2—4 s. Otázkami nových druhů jazyků pro dialog se zabývali Gluškov a Timofejev (1977). Uskutečnili testy na porovnání několika jazyků, např. výhodnost výrazů pro matice. Jazyk pro laické operátory má využívat prostředky přirozeného jazyka, má být stručný a lehko naučitelný. Střídání zpráv (rychlost dialogu) má určovat operátor, ne počítač.

Ukazuje se, že použití počítače může značně ovlivnit řešení problému, zvětšení nebo zmenšení problémového prostoru. Myšlenkovou činnost ovlivní i budování počítačových sítí (komunikace více operátorů navzájem prostřednictvím terminálů).

Z dosavadních aplikací dialogového režimu lze kromě průmyslu a dopravy uvést zdravotnictví (přímé sledování pacientů, dávkování léků, zjišťování anamnézy, diagnostika), banky, rezervování letenek, veřejnou správu, školství, projekční kanceláře apod. Ve všech těchto oblastech je potřeba aplikovat poznatky inženýrské psychologie, resp. uskutečnit aplikační výzkumy zaměřené na optimalizaci spolupráce člověka s počítačem. Zahraniční zkušenosti totiž ukazují, že mnohé terminálové systémy jsou nesprávně navrženy proto, že se nepřihlédlo k lidským schopnostem a omezením.

4. ČLOVĚK A VÝPOČTOVÁ TECHNIKA PŘI ŘÍZENÍ TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ A PODNIKŮ

Automatizovaný systém řízení (tj. systém řízení racionalizovaný využitím moderních prostředků výpočtové a automatizační techniky) se může týkat technologických procesů (ASŘTP) nebo organizačního řízení, např. na úrovni podniku (ASŘP). Podle Gluškova (1972) mají v automatizovaných systémech řízení lidé tyto úkoly:

1. určování a korekce cílů a kritérií řízení;

2. tvořivý přínos při hledání nejlepších cest k cíli;

3. definitivní výběr z vypracovaných řešení a dodání právní účinnosti vybraným řešením;

4. zásobování systému prvotními informacemi, které nelze nebo není racionální plně automatizovat.

Na potřebu odborných psychologických přístupů v oblasti ASŘ poukázali mnozí odborníci ve výpočtové technice a řízení. Při řízení technologických procesů, výroby nebo podniku jako celku, resp. jednotlivých podsystémů ASŘ, jsou některé společné problémy týkající se lidského činitele, jejichž řešení přispěje k optimalizaci celého systému.

Efektivní projektování ASŘ předpokládá psychologickou analýzu typů řídící činnosti (např. jak řídící pracovník vnímá informaci, chápání obsahu dokumentu, hodnocení důkazů). Složitost myšlenkového úkolu závisí na opakování úkolů určitého typu, odlišnosti situací, ve kterých se určitá úloha vyskytuje, a obtížnosti úlohy samé.

Správný projekt systému musí přihlížet k poznávacím potřebám operátora, přispět ke zvýšení kvality a rychlosti rozhodování, zvyšovat tvořivost práce operátora (přílišná automatizace narušuje systémovou výstavbu lidské činnosti), umožňovat regulaci práce systému, přihlížet k individuálním zvláštnostem operátora (např. detailnost analýzy, časové parametry), paralelně zdokonalovat obě složky řízení (automatizovanou a neautomatizovanou) a nakonec utvářet celkovou spokojenost operátora se systémem.

Tichomirov (1976) upozorňuje na tyto typické chyby při navrhování informačních a řídících systémů:

1. zvětšuje se množství přicházejících podstatných informací;

2. předpokládá se, že řídící pracovník může předvídat, jaká informace bude pro něho nezbytná;

3. předpokládá se, že poskytnutí potřebné informace už zabezpečuje správné rozhodování;

4. předpokládá se, že zlepšení výměny informace mezi složkami organizace už zlepší její fungování;

5. podává se hotová informace, což nemusí vždy vyhovovat.

Prvním krokem při navrhování ASŘ je detailní analýza dosavadního informačního a rozhodovacího systému, jakož i zjištění jeho nedostatků. Z analýzy rozhodování (zejména schématu toku rozhodnutí) se mají vyvodit požadavky na informace. Vychází se přitom z poznatků empirického šetření, nebo z modelů rozhodování, které zachycují nejdůležitější faktory ovlivňující rozhodnutí. Je třeba přitom využívat objektivní údaje i subjektivní výpovědi. V důsledku technického a ekonomického zaměření u projektantů ASŘ dochází k zanedbání specificky lidských faktorů komunikace a rozhodování (např. zdroje neformálních zpráv, využívání informace z okolí podniku, zkreslení informace, slabé využívání negativní informace, omezená kapacita zpracování informace). Při navrhování ASŘ kromě požadavků na informace je třeba brát v úvahu i optimální rozdělení funkcí mezi technickou složku (počítač) a lidskou složku (operátor technologického procesu, řídící pracovník).

Zahraniční výzkumy zaměřené na zhodnocení přínosu informačního systému pro řízení ukazují, že dochází k těžkostem při využívání zpráv, které dostávají řídící pracovníci (přebytek nezávažné informace), vyžaduje se přeorientování řídících pracovníků (systémový přístup), stížnosti jsou na nepřesné informace, špatnou čitelnost vytištěných formulářů, náročnost obsluhy terminálu, nedostatek času na učení se této obsluze, dlouhý odpověďový čas systému apod.

Spolupráci psychologie ve všech etapách vytváření ASŘ je třeba zabezpečit i organizačně (v rámci celostátním i v rámci resortních vedoucích pracovišť ASŘ).

Vzhledem k tomu, že se projektově řeší souběžně automatizované i neautomatizované prvky, úkoly psychologie se neomezují jen na řešení systému člověk — počítač, ale zasahují i do organizační psychologie a sociální psychologie práce. Pokud jde o poznatkovou základnu psychologie, lze využít existujících údajů o přizpůsobení technických zařízení člověku, rozdělení funkcí mezi člověka a počítač, řešení problémů a rozhodování u člověka. Další údaje bude třeba získat extrapolací dosavadních poznatků, a zejména empirickým výzkumem v době projektování a zavádění ASŘ, jakož i po delším časovém odstupu.

Ve stadiu předprojektové přípravy ve fázi průzkumu podniku je třeba sledovat nejen organizační, ekonomické a technické parametry systému řízení, ale i úkol lidského činitele při vzniku, soustřeďování, přenosu, zpracování a využívání informace zevnitř podniku i z okolí. Analýza rozhodování má být zaměřena na potřebu informace (objektivně nezbytná a skutečně používaná; různé charakteristiky informace), jakož i způsob rozhodování (na různých úrovních řízení). Je třeba přitom využívat objektivní údaje i subjektivní výpovědi, které musí být konfrontovány s cíli příslušné organizace. Do organizační přípravy tohoto průzkumu je třeba zahrnout i přiměřenou psychologickou přípravu vedoucích pracovníků i celého osazenstva podniku (vysvětlení účelu, zdůraznění přínosu pro podnik i jednotlivé pracovníky, potřeba spolupráce při průzkumu). Ve fázi určování hrubého modelu systému je třeba uvážit zejména optimální rozdělení funkcí mezi člověka a výpočtovou techniku (s ohledem na jejich relativní přednosti a nedostatky). Kromě odhadu ekonomické efektivnosti je třeba přihlédnout i k dosahu ASŘ pro jednotlivé pracovníky, jakož i pro sociální systém podniku.

Ve stadiu projektování ASŘ se klade důraz na systémovou analýzu podniku. Je třeba přihlížet ke specifičnosti lidské složky, k nedostatkům, ke kterým dochází při příjmu, přenosu, zpracování a odevzdání informace. Ve fázi navrhování systému lze využít existujících psychologických poznatků pro sladění činnosti technického i lidského článku v zájmu maximálního výkonu celého systému. Při přechodu od systému k podsystému je třeba samozřejmě použít konkrétnějších poznatků o pracovní činnosti člověka v příslušné oblasti.

Ve stadiu zavádění ASŘ do používání je z psychologického hlediska důležitá fáze přípravy podniku, kdy už je možno konkrétněji poukázat na přednosti navrhovaného systému, na ulehčení práce na jednotlivých úrovních řízení a tak zabezpečit účinnou spolupráci uživatele.

V projektové dokumentaci, zejména v technickém projektu systému, mají být přiměřeně zastoupeny údaje o lidské složce.

Řízení technologického procesu

V posledním období u nás i v zahraničí převažuje nasazování počítačů pro řízení technologických procesů (zejména chemický průmysl, energetika, hutnictví, cementárny), resp. v dopravě. Dispečerské ASŘ se používají v dopravních systémech a při rozdělování energie.

Podle použitých prostředků automatizace Venda (1975) rozlišuje 6 typů systémů operativního řízení. V rámci nich uvádí i systémy, kde se používá i počítač, a to na podávání informace, podávání doporučení o optimalizaci režimů a konečně řídící počítač (provádí kontrolu, regulaci, řízení, určuje efektivnost práce objektu). V tomto posledním typu se operátor zapojuje do činnosti jen při poruše počítače, v nepředvídaných situacích a při vkládání příkazů do stroje. Operátorské profese jsou v hierarchickém systému řízení na nižších a dispečerské na vyšších stupních, přesná hranice zde však není. Operátor zejména sleduje stav parametrů objektu a reguluje je, spouští, zastavuje, kontroluje. Působí přímo na řízený objekt. Dispečer působí na objekty prostřednictvím jiných pracovníků, plánuje a koordinuje jejich práci, věnuje se celkovému řízení objektu, jehož stav charakterizuje malý počet výstupních parametrů.

Rozdělení funkcí mezi člověka a počítač závisí zejména na úrovni automatizace a druhu řízeného procesu. Pokud jde o úroveň automatizace, v počátečních stadiích člověk uskutečňuje regulaci, později zejména řídí a kontroluje a při komplexní automatizaci kontroluje a částečně operativně řídí. Jestliže je některá funkce velmi důležitá, uskutečňuje ji počítač i operátor (např. sledování poplachu při atomovém reaktoru). Kromě toho je třeba brát v úvahu i provozní podmínky výroby (rozlišujeme normální podmínky, abnormální podmínky, spouštění a odstavování procesu).

Operátor formuluje krátkodobé cíle řízení, jejich priority, řeší konflikty mezi nimi. Ověřuje spolehlivost údajů přístrojů, interpretuje měření, pamatuje si minulé i své vlastní zásahy. Poskytuje počítači dodatečnou informaci. Interpretuje poplachové signály (hodně jich je zejména při spouštění a odstavování zařízení). Pro těžkosti při modelování nebo komplikace v systému ponechává se často na něm regulace vycházející z předvídání budoucího stavu systému. Zasahuje při sekvenčních operacích (spouštění, odstavování, změny v procesu vlivem změny parametrů suroviny atd.). Sleduje činnost regulačního systému a v případě potřeby mění regulaci z automatické na ruční. Rozvrhuje činnosti vzhledem k vnějším vlivům (přísun suroviny, potřeby navazujících provozů) a k potřebám údržby.

Obecně lze říci, že zavedení počítače zesiluje změny vyvolané automatizací. Tyto změny spočívají v tom, že operátor nastavuje regulátory, a ne hodnoty proměnných, získává více informací, zapisovací přístroje umožňují zjišťovat trendy, dynamiku procesu, interakci mezi proměnnými. Zvětšuje se rozsah a komplexnost zařízení, na které operátor dohlíží. Jestliže je počítač omezen na přímou číslicovou regulaci, zůstává člověku centrální úkol při řízení a počítače používá jako účinného nástroje. Při spřáhnutém spojení se zlepšuje měření, pružnost zpětné vazby, sledování poplachových podmínek, optimalizace. Ta vyžaduje matematický model procesu. Operátor většinou jen sleduje činnost regu-

lačního programu a zabývá se nepředvídanými situacemi. Takový přesun funkcí operátora do pasívního úkolu ztěžuje u něj utváření mentálních modelů a strategií a udržení znalostí o současném stavu procesu. Operátor však musí být připraven převzít regulaci, jestliže počítač není schopen pracovat podle zadaných cílů. Proto je třeba, aby byl operátor seznámen s principy a smyslem činnosti počítače. Ukazuje se, že právě v nejautomatizovanějších systémech je integrace operátora do systému nejméně dokonalá.

Ze zahraničních výzkumů v této oblasti vyplývá, že je třeba řešit otázky efektivní komunikace operátora technologického procesu s počítačem (úplnost podávání informace, její časové opoždění, požadavky na mnemoschémata řízeného procesu, agregace a selekce informace podle potřeb řízení, úprava technických parametrů zařízení), změny v zácviku, optimální důvěry operátora ve správnost činnosti počítače atd.

Vzhledem k odlišným technologickoorganizačním podmínkám zavádění počítačů v jednotlivých podnicích, resp. výrobních jednotkách, nelze vystačit při integrování operátora do systému řízení se všeobecnými inženýrskopsychologickými poznatky, ale je třeba realizovat psychologický průzkum už v prvních etapách navrhování ASŘTP.

Řízení podniku

Při zavádění ASŘ podniku jde o racionální řešení úkolů řízení výrobně hospodářské činnosti podniku, neboť tradiční metody řízení, založené většinou na zkušenostech a intuici, už neumožňují efektivně řešit složité úkoly.

Pro řízení průmyslového podniku je charakteristická složitost úkolů, přihlížení k velkému počtu vnějších a vnitřních vlivů působících na řízený objekt i potřeba vykonávat velký počet řídících činností, prováděných v prostoru a probíhajících v různém čase nebo paralelně. Přitom řízení lidí představuje zvláštní úkol. Při organizačním řízení jsou v popředí odlišné úkoly podle jednotlivých odvětví (např. ve strojírenství plánování, technická příprava výroby, v chemické výrobě optimalizace režimů, v zemědělství racionalizace krmiv). Tendence zvýšit pružnost informačního systému (schopnost vykonávat mnohé funkce) přináší větší složitost operačních postupů, což klade značné nároky na řídící pracovníky.

Pro jednotlivé úrovně řízení v podniku jsou potřebné odlišné typy rozhodnutí a nezbytné informace. Strategické řízení se uskutečňuje na úrovni ředitele, vedení podniku. Rozhodnutí jsou nealgoritmická, indivíduální, s neurčitými hranicemi a dlouhými lhůtami. K tomu potřebné informace jsou často v kvalitativní formě, neúplné, většinou externí. Je zde tedy velká neurčitost a značné riziko. Taktické řízení je na střední úrovni (náměstkové, vedoucí odborů), kde jsou pravidla rozhodování známá, informace jsou výhledové, většinou kvantifikované, vnitřní; riziko je dost velké. Operativní řízení uskutečňují vedoucí nižší úrovně (oddělení, skupin), převažují opakující se, ale rychlá rozhodnutí při podrobných, jasně určených informacích. Je zde malé riziko a převládá operativní řízení.

Dosavadní, převážně zahraniční výzkumy v této oblasti poukázaly např. na otázku adaptabilnosti ASŘ vzhledem k odlišným požadavkům různých druhů pracovníků, nejen pokud jde o informace a způsob jejich zpracování, ale i o náročnost styku s počítačem z hlediska programového vybavení. Časová tíseň řídícího pracovníka vyžaduje, aby byl uchráněn od všech pro něho nepodstatných aspektů počítačového systému. Při vrcholovém řízení vzhledem k dlouhé lhůtě rozhodování není nezbytný bezprostřední styk s počítačem. Zavedení prostředníka, který zabezpečuje styk s počítačem, může však vést ke zkreslení řešeného problému. V jiném výzkumu se zjišťovala efektivnost podání informace na dokladu, který slouží pro vkládání údajů do počítače, nebo je výstupem z počítače. Při navrhování dokladu je třeba uvážit jeho jednoduchost, snadnost vyplnění, logický sled položek, malé nároky na psaní (při vstupních dokladech), standardizaci apod.

Dřívější prognózy o vlivu ASŘ na systém řízení se nesplnily. Nedošlo k významnému ovlivnění organizace podniku. Na rozhodování vrcholového vedení podniku má ASŘ jen nepřímý vliv tím, že umožňuje lepší analýzu. Největší vliv se očekává na střední úrovni řízení, kde se na řídící pracovníky budou klást větší intelektové požadavky (plánování, usměrňování práce podřízených) a sníží se rutinní činnost (soustřeďování údajů pro vrcholové řízení). Oslabí se však jejich pozice a autorita, která spočívala na znalostech o průběhu různých procesů v podniku. Údaje z počítače budou dostupné všem kompetentním pracovníkům. Na nejnižší úrovni řízení odpadne mnoho administrativní práce. Pokles počtu výkonných pracovníků však nedosáhne očekávaných rozměrů.

I když se počítače budou využívat při rozhodování na všech stupních řízení, úkol lidského činitele se nesníží, ba naopak vedoucí pracovníci budou moci více času věnovat na tvořivou duševní práci.

Při zdokonalování řízení podniku pomocí ASŘ hlavním problémem nejsou technická zařízení (počítače), ale lidé, kteří nový systém navrhují, i ti, kteří ho potom používají. Systémová analýza a syntéza ASŘP je velmi náročná pro značnou nestabilnost parametrů lidského faktoru a pro těžkosti s jeho kvantifikací. Hlavní důraz je třeba klást na podrobnou analýzu rozhodování na všech úrovních řízení, jakož i na zjištění podstatných charakteristik informace, potřebné pro toto rozhodování. Při navrhování systému je třeba určit předpokládané změny pracovní náplně a stylu práce řídících pracovníků na různých úrovních řízení a těchto poznatků využít při přípravě pracovníků podniku na zavedení ASŘ.

XI. Vliv podmínek pracovního prostředí i prostorového uspořádání pracoviště a vzájemný vztah člověk — technické zařízení

1. ČINITELE VNĚJŠÍHO PROSTŘEDÍ

Vliv pracovních podmínek na operátora můžeme rozdělit na obtěžující, rušivé a škodlivé vlivy hluku a vibrací, osvětlení, teploty, prachu a chemických škodlivin.

Fyzikální nebo chemické podmínky mohou ovlivňovat operátora. Vezmeme-li za měřítko pocity, pak je možné odlišit pohodu od nepohody, tj. příjemné podmínky od nepříjemných až obtěžujících.

Měříme-li vliv fyzikálních podmínek přesněji výkonem, lze odlišit rušivě působící fyzikální podmínky od těch, které se neprojeví nepříznivým vlivem na přesnosti a rychlosti výkonu, na produktivitě, nehodovosti a úrazovosti. Zvyšuje-li se nepříznivý stav fyzikálních podmínek nad hranice rušivosti, dochází v určité fázi k situaci, která se projeví škodlivě víceméně trvalou poruchou organismu.

Poznání obtěžujícího, rušivého a škodlivého vlivu fyzikálních nebo chemických podmínek na člověka je nezbytným předpokladem k vytvoření takového prostředí, kde jsou zaručeny optimální podmínky pro práci operátora.

Hluk a vibrace

Hluk je nejen činitelem rušivým, ale i ohrožujícím zdraví. Z hlediska vztahu člověk — stroj je třeba uvést nadměrnou hlučnost jako činitele pracovního prostředí, který může podstatně ovlivnit přesný a rychlý průběh činnosti člověka.

Důsledky hlučnosti se neprojevují tak výrazně jako u jiných škodlivin, protože ohluchnutí, jako nejvyšší stupeň poškození sluchu, je poměrně řídké. Až dosud není však dostatečně přihlíženo k ostatním následkům, tím méně k pocitům nepohody.

Působení hluku na člověka je závislé nejen na hladině akustického tlaku, kmitočtovém složení, délce a pravidelnosti působení hluku, ale i na individuálních vlastnostech pracovníka.

Výzkumy sluchu u operátorů v hlučných provozech ukazují, že pro určité skupiny je charakteristický stupeň poruch sluchu, vzrůstající v určitých mezích při narůstání délky zaměstnání.

Převážná většina výzkumů byla zaměřena na sledování vlivu hluku na sluchovou citlivost z toho důvodu, že zjištění jejího poklesu je metodicky jednoduché a stupeň snížení citlivosti může být kvantitativně vyjádřen. Druhá skupina výzkumů byla zaměřena na sledování vlivu, který má hluk na jiné funkce organismu, s cílem určit změny ve funkční činnosti, jež mohou být označeny za poškození organismu.

Rušivý vliv hluku při dlouhodobém působení může vést ke stálým stavům zvýšeného podráždění. Hluk vyvolává nejen reakci sluchového analyzátoru, ale reakci celého organismu, mnoha jeho systémů. Porušení funkcí organismu může být různě vyjádřeno v závislosti na intenzitě, spektrálním složení a době působení hluku. Intenzívní, často se opakující vysokofrekvenční hluky vedou k rychlému rozvoji řady funkčních poruch organismu. Do popředí vystupují poruchy pohyblivosti korových procesů, vegetativních funkcí, funkcí analyzátorů a endokrinních funkcí. Neurovegetativní reakce se různí podle stavu jedince. Mohou se objevit bolesti hlavy a jiné příznaky, např. nystagmus, zvýšené napětí v jednotlivých svalových skupinách, nespavost apod.

Psychické změny, ke kterým došlo v důsledku působení hluku, je obtížnější hodnotit. Rozdíly ve vnímavosti k hluku závisí do určité míry na faktorech psychických, zvláště emocionálních. Ty mohou ovlivnit intenzitu poruch sluchu. Poruchy sluchu mají svou duševní odezvu. Ztížená orientace, poruchy nervového systému se závratěmi nebo poruchy pozornosti u operátorů s poruchou sluchu mohou být příčinou chybného jednání. Zkušenosti z psychologického vyšetření operátorů v hlučných provozech ukazují, že hluk spolupůsobí při vzniku trvalejších stavů zvýšené dráždivosti s nadměrnou citlivostí, roztržitostí a unavitelností.

Škodlivé účinky hluku mohou být doprovázeny účinky současně vznikajících vibrací. Vibrace a hluk mají společnou příčinu. Snižováním hluku omezujeme obvykle i vibrace. Nadměrné vibrace vedou k bolestem hlavy, pocitům únavy, ke zhoršování výkonu.

Nejvyšší přípustné hodnoty hluku a vibrací se uvádějí v Hygienických předpisech, svazek 37/1977, číslo 41, vydaných ministerstvem zdravotnictví ČSR.

Osvětlení

Hranice mezi příjemnou a nepříjemnou intenzitou osvětlení byla zjištěna metodou dotazování (Luckieshem a Taylorem u 82 osob — podle McCormick, 1957). Byla měněna intenzita od 108 do 10 800 luxů. Úkolem pokusných osob bylo číst text. V tabulce 10 je uvedeno rozložení počtu osob, kterým nejvíce vyhovovaly jednotlivé intenzity:

Tabulka 10
Subjektivně optimální osvětlení

Intenzita osvětlení v luxech	108	216	540	1 076	2 160	5 400	10 800
% osob	11	18	32	20	17	1	1

Přitom je však nutno si uvědomit, že intenzita osvětlení, kterou lidé považují za příjemnou, závisí do značné míry na intenzitě osvětlení, na kterou bylo oko předtím adaptováno.

Ke zjišťování rušivého vlivu světla bylo používáno nejčastěji měření přesnosti čtení. Při jednom takovém pokusu byla na poměrně krátkou dobu exponována různá písmena a úkolem pokusných osob bylo zaznamenávat přečtené. Tato činnost trvala dvě hodiny. Ve výsledcích (tabulka 11) je uveden vztah mezi počtem správně zachycených písmen a intenzitou osvětlení.

Tabulka 11

Závislost výkonu na intenzitě osvětlení

Intenzita osvětlení v luxech	21,6	54	162	540	1 076	2 400
Výkon	147	168	179	185	190	192

Významné rozdíly byly zjištěny do intenzity osvětlení 162 luxů. Horní hranice intenzity, nad níž již nelze dosáhnout zvýšením intenzity osvětlení lepšího výkonu, leží mezi 1000 až 1500 luxy.

Horní hranice jasů a kontrastu jasů působí též škodlivě na zrakový orgán, a to ve smyslu oslnění. Oslnění kontrastem při poměru dvou jasů 1 : 10 působí rušivě, při poměru 1 : 100 mluvíme již o fyziologicky škodlivém oslnění, závisí to však i na poloze oslňujícího světelného zdroje v zorném poli. Za maximální přípustný jas se považuje 2000 až 3000 nitů v obvyklých směrech pohledu.

Vztah mezi změněnou intenzitou osvětlení a produktivitou práce potvrzuje řada autorů. Vliv intenzity osvětlení se projevuje i v nehodovosti.

Teplota

Hranice vhodných tepelných podmínek byly zjišťovány v řadě experimentálních prací. Byla měněna teplota a vlhkost vzduchu. Proudění vzduchu bylo přitom udržováno na nulové hodnotě. Pokusné osoby byly dotazovány, zda jsou určité tepelné podmínky příjemné, nebo nepříjemné.

Tak bylo zjištěno téměř normální rozložení údajů od velkého počtu lidí. Hranice tepelné pohody byly pro údaje zjištěné v létě: 20,6 °C až 22,8 °C relativní účinné teploty (teplota, vlhkost a proudění vzduchu, sálavé teplo), v zimě 18,3 °C až 21,1 °C relativní účinné teploty. Ženy uváděly hranici optima v průměru o 0,5 °C výše nežli muži. Starší osoby (nad 40 let) uváděly hranici optima o 0,5 °C výše než mladší osoby.

Extrémní teploty mají vliv na přesnost lidské činnosti, na zdravotní stav a mohou být i příčinou nehod.

Prach a chemické škodliviny

Tělesný a duševní stav operátorů ovlivňují i další činitele, jejichž působení může být organismus vystaven. Při některých pracích dochází

k vývinu látek, které mohou ve slabé či silnější koncentraci negativně působit na člověka. Již malé dávky těchto škodlivin, chronicky působících (nejen akutní otravy po jednorázovém vystavení vysoké dávce škodliviny), vyvolávají nežádoucí fyziologické a psychologické účinky. I slabé intoxikace mohou vyvolat nervozitu, podrážděnost, bolesti hlavy, poruchy spánku, koncentrace pozornosti, paměti a mohou také být příčinou úrazů, nehod i meziosobních konfliktů.

2. PROSTOROVÉ MODELOVÁNÍ, ANTROPOMETRIE A SOMATOGRAFIE

Průmyslová antropometrie jako součást antropologie, tj. nejobecnější vědy o člověku, sleduje ze svých hledisek vzájemné vztahy a působení systému člověk — stroj — pracoviště, vliv tělesných rozměrů jednotlivce i populačních skupin na efektivnost práce a poskytuje technikům podklady týkající se především rozměrů lidského těla. Tyto údaje slouží např. při navrhování sedadel, rukojetí, vnitřku kabin a rozměrovém uspořádání pracovišť.

Při navrhování pracovního stanoviště je třeba především uvažovat o velikosti potřebného prostoru pro člověka a jeho činnost. Je třeba se zajímat o tělesné rozměry člověka, velikost prostoru pro zaujetí fyziologicky pohodlné pracovní polohy těla, velikost prostoru pro potřebné pracovní pohyby, velikost předmětu, nástroje nebo materiálu.

Při uspořádání prvků a zařízení na pracovním stanovišti, při organizaci práce a pracovních pohybů člověka se obvykle uvažuje
dosahový prostor, jenž je vymezen dosažitelností končetin i při vychýlení trupu v mezích stability těla;
funkční prostor, v němž se konají fyziologicky vhodné pracovní pohyby při nezměněné pracovní poloze těla;
optimální prostor, v němž se konají dlouhodobě nejúčinnější pracovní pohyby s velkou přesností, vytrvalostí a s nejmenší námahou.

V oblasti racionalizace práce existuje celá řada metod s rozdílným stupněm zkoumání, zobrazování a navrhování organizace práce od jednoduchých plošných vyobrazení strojů a zařízení ve větších celcích až po detailní řešení pracoviště. Jejich společnou nevýhodou je fakt, že umožňují vytvořit pouze plošný model budoucího pracoviště. Hlavní nevýhodou plošného modelu je absence výškových relací na pracovišti, čímž zůstává nedořešena značná část organizace, která se přesouvá až do fáze realizace. Současně je výrazně omezena možnost vytvářet novou organizaci, vyhovující především potřebám pracovníka. Pracovník se musí obvykle přizpůsobit realizované skutečnosti. Teprve postupem času dochází k často neúplnému odstraňování závad.

Přijmeme-li fakt, že každá pracovní činnost se odehrává v prostoru (nikoli na ploše), pak můžeme přijmout i tvrzení, že přechod od plošného k prostorovému modelování je v projekční praxi objektivní nutností.

Cílem projekční činnosti by měly být návrhy takových pracovišť (případně zařízení), na kterých budou pracovníci schopni podat vyšší výkon v optimálním pracovním pohodlí z hlediska zaujímaných pracov-

ních poloh. Základním předpokladem k vytvoření organizační úrovně, která bude splňovat uvedené podmínky, je dokonalé poznání projektované pracovní činnosti. Je třeba zkoumat a určit, jakým způsobem ovlivní umístění každého předmětu na pracovišti pracovníkovy pohyby, do jakých pracovních poloh se při práci dostává. Pro tak hluboké poznání pracovní činnosti potřebujeme projekční metodu, která dovoluje jak ve fázi analýzy, tak hlavně ve fázi syntézy přiblížit model nově vytvořeného pracoviště co nejvíce skutečnosti.

Vzrůstající nároky na kvalitu organizace pracoviště vyvolávají potřebu takové metody, která umožňuje zkoumat starou, a hlavně navrhnout novou organizaci pracoviště v prostoru, to znamená mimo průmět do plochy respektování třetího rozměru — výšky. Uvedené požadavky splňuje metoda „prostorového modelování" (Šváb, Vyhnálek, 1978), dovolující prostorové zkoumání systému člověk — stroj. Projekt prostorového uspořádání umožňuje podřídit navrhované pracoviště v co největší míře potřebám pracovníka, přičemž stupeň přizpůsobení se zde stává měřítkem kvality nově navržené organizace práce. Dosažení popsaných výsledků při prostorovém modelování vyžaduje poměrné měřítko k určení vhodného rozmístění předmětů na pracovišti vzhledem k pracovníkovi. V našem případě je tímto měřítkem somatografická figura. Lidská postava je znázorněna s ohledem na kresebné nároky na hranici možného zjednodušování. Při modelování navrhované organizace práce slouží somatografická figura jednak k posouzení vhodnosti umístění každého předmětu na pracovišti, jednak pomáhá určovat správný rozměr jednotlivých předmětů. Při konečném zpracování se vyobrazení lidské postavy stává součástí výkresové dokumentace, kde zvláště ve fázi realizace pomáhá k názornému zdůvodnění navržené organizace práce.

Při konzultaci zkušeností s používáním metody se objevily námitky, že použití somatografické figury není dostatečně reprezentativní a neumožňuje obecné použití. Hlavním důvodem byly tehdy používané rozměry somatografické figury a zjednodušení hybnosti kosterního skeletu, zejména páteře. Proti uvedeným námitkám však stojí skutečnost, že žádný mechanický model nezachycuje všechny prakticky možné proměnné faktory, a přesto velmi účinně pomáhá při řešení vlastního problému. Při použití v běžné praxi v kterémkoli oboru (v průmyslu, zemědělství, stavebnictví apod.) se vždy jedná o zjišťování vztahů v určité toleranci. Velikost somatografické figury, navržené Švábem a Vyhnálkem (1978), představuje střed tolerančního pole (u mužů 165,9—176 cm, u žen 150—165,6 cm). Správným použitím lze ve velké většině případů uvedené nepřesnosti vyloučit z vlivu na úroveň zpracování projektovaného pracoviště.

V současné době vychází zjištění důležitých rozměrů lidské postavy z přímých antropometrických měření, jejichž výsledky jsou statisticky zpracovány. Rozměr, který je zjišťován nejčastěji a kolem jehož aplikace je v praxi největší diskuse, je tělesná výška. Samotná výška postavy je ovšem důležitou, ale ne jedinou antropometrickou veličinou, která je pro projektanta podstatná.

V souvislosti s navrhováním pracovišť byla publikována řada antropometrických souborů (Šváb, Vyhnálek, 1978). Uvedené soubory nevyčerpávají plně problematiku průmyslové antropometrie. Přesto však

z nich lze vyčíst společnou snahu určitým způsobem „normalizovat“ důležité antropometrické údaje, ovlivňující prostorovou dispozici pracoviště. Tato snaha se promítá ve dvou rovinách:

1. respektování statických dat, tzn. vzdáleností a výšek vyplývajících z rozměrů lidského těla tak, aby byly zajištěny vzájemně správné proporce mezi pracovníkem a objekty pracoviště;

2. respektování dynamických dat, tzn. hybnosti páteře a kosterního skeletu v jednotlivých kloubech, jež vymezuje manipulační a pedipulační prostor, v jehož hranicích je žádoucí dané pracoviště organizovat.

Oba faktory — statický i dynamický — se vzájemně ovlivňují a tvoří společně nedílný celek.

Antropometrické hodnoty a jejich užití při prostorovém modelování pracoviště

V současné době existují dva směry nabídky antropometrických dat projekční a technické praxe. Jeden z nich se snaží poskytnout co nejvíce údajů, aby v případě potřeby byly k dispozici. Druhý zase je spíše jen směrnicí pro respektování lidského činitele při sestavování pracovního stanoviště.

Smysl a význam průměrných antropometrických dat, hlavně tělesné výšky, je v tom, že usnadňuje problém vyjádření vztahu člověk — výrobní zařízení (Jeník, 1965—1969). I přes určité zjednodušení a schematizaci kresebného vyjádření lze zachytit důležité momenty, nutné k objektivnímu posouzení modelované situace. Pro inženýrskopsychologický projekt pracovního stanoviště je použití trojrozměrného modelu vhodným východiskem, zvláště vzhledem k možnosti vypracování odpovídající výkresové dokumentace.

Inženýrskopsychologický přístup pro sestavování nebo úpravu pracoviště by měl podle Švába a Vyhnálka (1978) splňovat tyto podmínky:

1. respektovat statické a dynamické antropometrické hodnoty ve vzájemné vazbě a uceleném systému;

2. jednotlivé antropometrické údaje (prvky) aplikovat v určitém rozsahu (např. průměrná výška by měla být chápána v toleranci od — do, nikoli jako jediná absolutní hodnota);

3. kresebné vyjádření musí být technicky zvládnutelné běžnými prostředky, ale současně nesmí modelovanou situaci příliš schematizovat;

4. dokumentační zpracování musí umožňovat komplexní řešení. V současné době převažuje dílčí přístup k řešení činnosti člověka na pracovišti většinou až po realizaci (např. rozmístění a čitelnost sdělovačů, volba a umístění ovládačů apod.). Odstranění dílčích disproporcí může sice práci usnadnit, ale v podstatě zůstává situace určena celkovou koncepcí, navrženou projektantem a konstruktérem;

5. modelování pracovního stanoviště, a tím současně vztahu mezi člověkem a výrobním zařízením, musí umožňovat vyjádření vazeb do nadřazených okruhů i širších souvislostí s problematikou pracovní a sociální psychologie.

Kresebné vyjádření vztahu člověk — výrobní zařízení

Ověřování vzájemného vztahu člověk — výrobní zařízení pomocí kresebného vyjádření bylo již dříve uplatněno hlavně v leteckém a automobilovém průmyslu.

Současná inženýrská psychologie postrádá ucelený přístup k promítnutí vztahu mezi člověkem a výrobním zařízením do výkresové dokumentace. Podmínkou úspěšné aplikace je únosný počet šablon pro kresebné vyjádření postavy ve vhodném poměrovém měřítku.

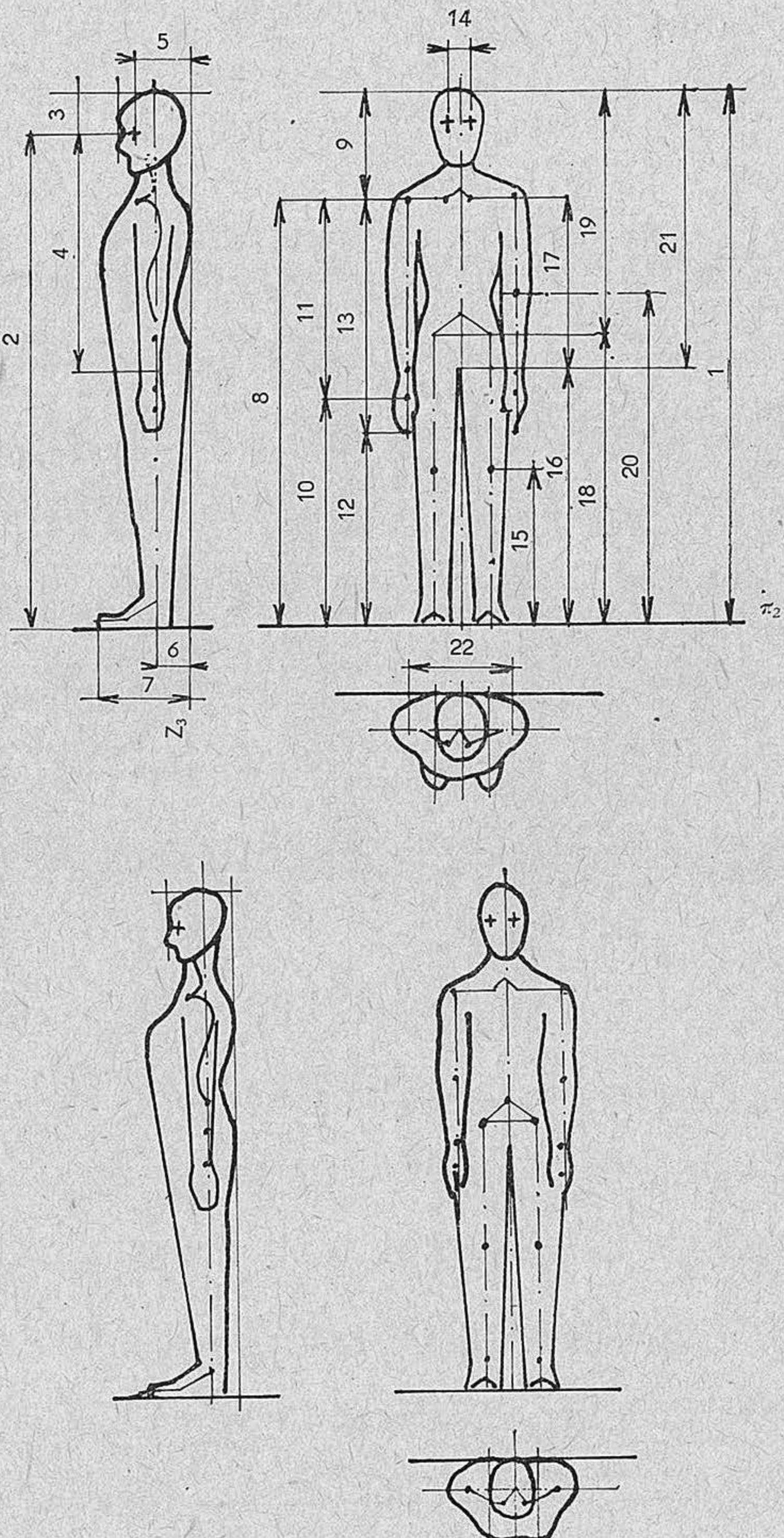
Pro návrh somatografické šablony k prostorovému modelování bylo použito systému zobrazování tělesných rozměrů. Antropometrické hodnoty byly přepočítány na základě poměru tělesné výšky k ostatním tělesným proporcím. Pro praktickou aplikaci se hodí nejlépe měřítka 1 : 5, 1 : 10. Za mezní zmenšení lze považovat měřítko 1 : 20. Kompletní sada šablon je trojdílná — nárys, půdorys a bokorys. Návrh šablony pro průměrnou postavu muže a ženy je na obrázku 54 a v tabulce 12. (Základna u pořadového čísla 8, 10, 12, 15, 16, 18 a 20 je π_2.)

Tabulka 12

Základní antropometrická data pro návrh šablony

Poř. čís.	Popis funkčního rozměru	Muži	Ženy
		mm	
1	Tělesná výška	1725	1609
2	Základna — oko	1600	1491
3	Oko — vrchol lebky	122,5	114
4	Oko — rozkrok	740	688
5	Základna Z_3 — oko	184,5	172
6	Základna Z_3 — špička nohy	294	273
7	Základna Z_3 — tělesná osa	98,5	91,6
8	Základna — ramenní klouby	1380	1300
9	Ramenní kloub — vrchol lebky	343	320
10	Základna — střed dlaně	735	685
11	Střed dlaně — ramenní kloub	646	603
12	Základna — konec prstů ruky	650	606
13	Konec prstů ruky — ramenní kloub	731	682
14	Rozteč očních jamek	68,9	62,7
15	Základna — kolenní kloub	51,6	48,3
16	Základna — rozkrok	862	805
17	Rozkrok — ramenní kloub	519	485
18	Základna — kyčelní kloub	948	885
19	Kyčelní kloub — vrchol lebky	775	724
20	Základna — loketní kloub	1070	1010
21	Rozkrok — vrchol lebky	862	805
22	Rozteč ramenních kloubů	344	320

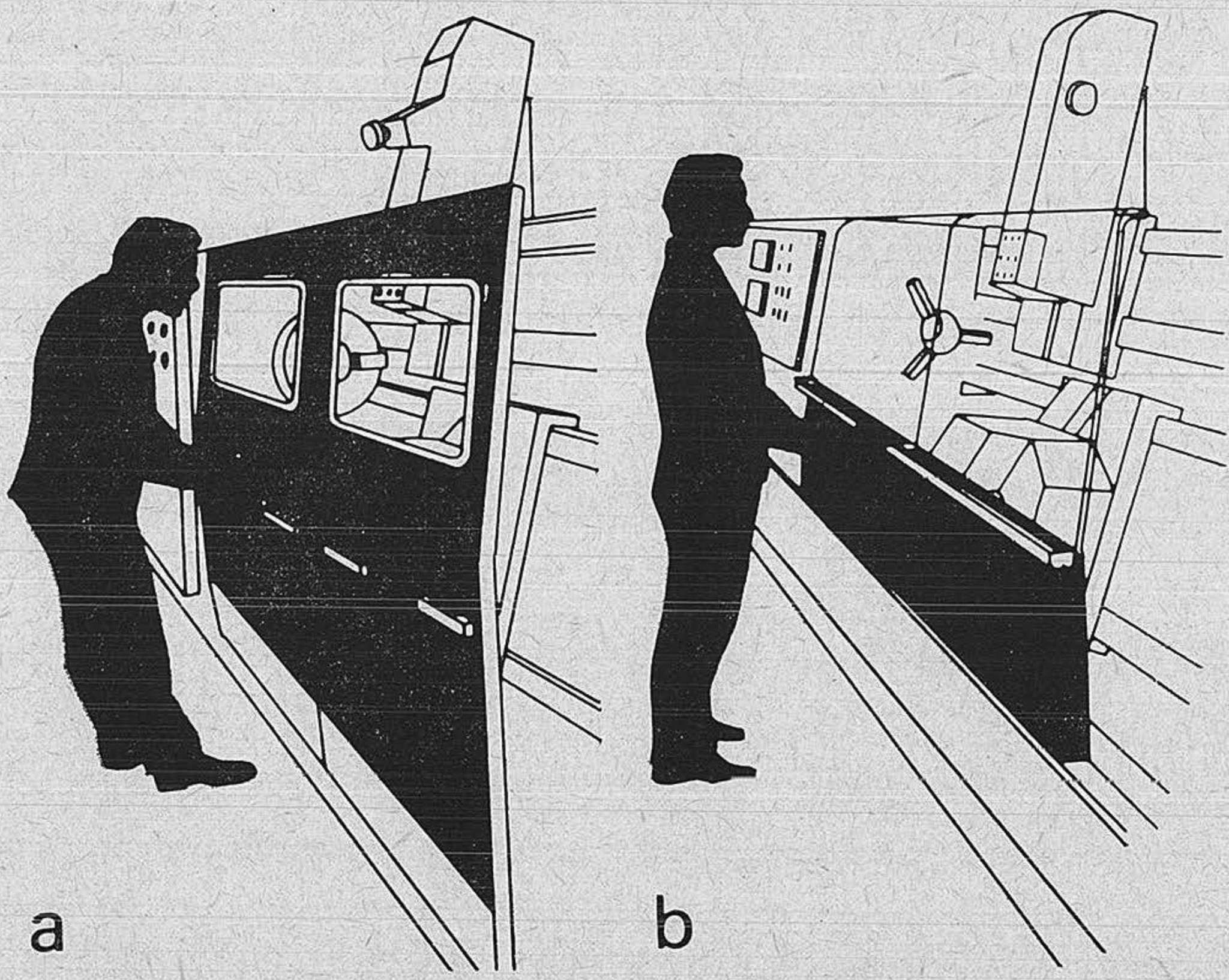
Statické a dynamické antropometrické prvky se váží na širokou oblast konstrukce strojů, složitých výrobních zařízení apod. Nové výrobní programy jsou stále náročnější a složitější. Respektování lidského faktoru a jeho rozměrových proporcí, ať již v oblasti realizované výrobní organizace, nebo v oblasti projekce, se stává stále naléhavější. Tato skutečnost nutí projektanty, konstruktéry a další odborníky spolupracovat při sestavování dosud neexistujících pracovních stanovišť. Vhodný



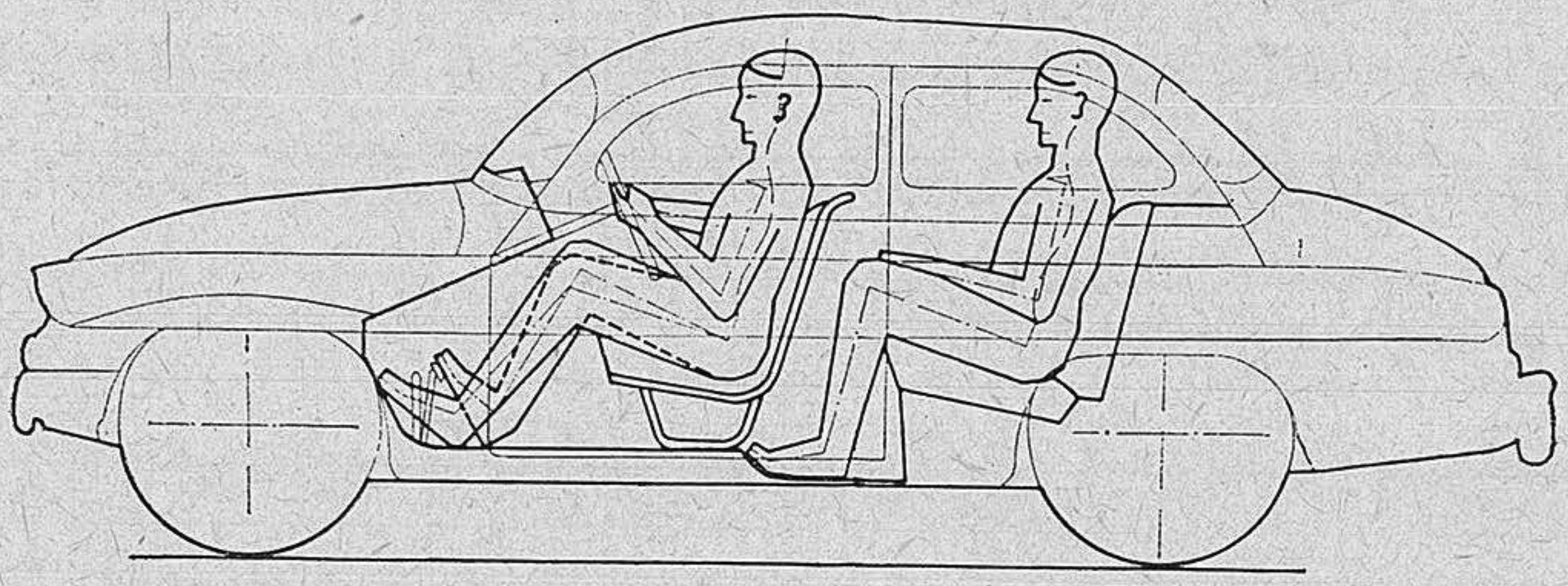
Obr. 54 Základní antropometrická data pro návrh šablony. V horní části údaje pro muže, v dolní pro ženu

způsob užití antropometrických dat a jeho kresebné vyjádření je pro praxi prostředkem k projekčnímu řešení systému člověk — stroj (obr. 55 a 56).

V somatografické projekci se uplatňují i jiné systémy, např. systém pomocného hodnocení funkce interakce člověk — stroj poskytuje



Obr. 55 Nevhodné řešení průhledů v krytu stroje z hlediska somatografického (*a*). Vhodné řešení ochranného krytu, který umožňuje dokonalou zrakovou kontrolu (*b*)



Obr. 56 Postavy v osobním automobilu jsou konstruovány podle zásad somatografie

(Case a Porter, 1980) prostředek pro inženýry a projektanty. Využívá minipočítače. Systém byl vyzkoušen v několikaletém provozu a je schopen řešit mnoho praktických inženýrskopsychologických problémů v průmyslu. Systém může být užíván v jakémkoli stupni projektování. Nejúčinnější je však v samém začátku projektu a ve stadiu projektu těsně před dokončením. Použití tohoto systému nenahrazuje projektanta, ale naopak vyžaduje schopného a dovedného projektanta. Není to v žádném případě nahrazení projektanta počítačovou technikou.

3. USPOŘÁDÁNÍ V SYSTÉMU

Analýzy vztahů v systému se využívá k určení nejlepšího rozdělení osob a strojů k plnění určitých úkolů. Přitom se předpokládá, že prvky používaného vybavení, přesný počet osob, který bude na zařízení pracovat, a také funkce operátorů jsou pevně stanoveny. Je velmi důležité si uvědomit, že nejlepší uspořádání lze určit jen tehdy, vyjdeme-li z určitého kritéria (např. vzdálenosti mezi lidmi, nutnost komunikace apod.), které je důležité pro projektovaný systém.

Analýzu vztahů v systému člověk — stroj lze podle Morgana a kol. (1971) provést např. takto:

1. Ve schématu je třeba podle smluveného kódu graficky vyznačit jednotlivé operátory s jejich funkcemi a všechny části zařízení tak, aby je bylo možno přesně rozlišit.

2. Na základě znalosti o druhu a pořadí využití strojů či částí zařízení je třeba čarami vyjádřit vztahy spojující každého operátora se zařízením, každého operátora s jinými osobami, které mají bezprostřední vazbu k technickému zařízení.

3. Schéma se přepracuje tak, aby se omezil počet vzájemně se prolínajících vazeb.

U mnoha systémů se v této fázi, kdy se již ukázalo, jak rozmístit operátory, části zařízení a jak oddělit části, které nejsou na sebe bezprostředně vázány při řízení systému, prakticky ukončuje analýza vazeb. V tomto případě lze pokračovat až etapou šestou. Jestliže po předchozích etapách zůstane ještě mnoho se prolínajících čar, je třeba vyjádřit ještě frekvenci a důležitost každého vztahu. V takovém případě se doporučuje následující:

4. Hodnotit důležitost každého vztahu jednou nebo několika z dále uvedených metod.

a) Je-li kritériem hodnocení důležitost vztahu, pak je třeba vybrat zkušeného operátora, který zná podrobně řízení systému, a s jeho pomocí kvantifikovat důležitost vztahu. Tyto hodnoty se vyznačí na čarách ve schématu.

b) Je-li kritériem hodnocení frekvence užití vztahu, je třeba získat zkušební údaje o frekvenci nebo trvání vztahu na základě činnosti simulovaného nebo reálného systému. V souladu s těmito daty je třeba vyjádřit každý vztah číslem, které odpovídá skutečnosti. Tyto hodnoty se vyznačí na čarách ve schématu.

c) Je-li nezbytné uvažovat jak frekvenci, tak důležitost užití vztahu, pak zkušení operátoři kvantifikují obě hodnoty.

5. Schéma se přepracuje tak, aby čáry s vyššími hodnotami byly kratší než ty, které vyjadřují vztahy s nižšími hodnotami, a aby se snížil počet vzájemně se protínajících vazeb. Získané schéma vazeb bude optimální. Je třeba zdůraznit, že analýza založená na strukturálních a nikoli na funkčních kritériích je velmi užitečná pouze pro vytvoření předběžného schématu rozmístění, ale nezajišťuje konečné řešení otázky.

6. Schéma vztahů zakreslit do prostoru, který je pro rozmístění systému k dispozici.

7. Závěrečné výsledky analýzy vztahů je třeba ještě prověřit — ve vhodném měřítku se nakreslí skutečné rozmístění lidí, strojů i volného prostoru.

Sociální aspekty v prostoru jsou důležitými z hlediska inženýrské psychologie. Budeme se zabývat dvěma oblastmi, a to osobním a vymezeným prostorem (teritorialita).

Osobní prostor se definuje v našem kontextu jako pracovní oblast ohraničená neviditelnými hranicemi, která obklopuje člověka a kam nepovolaní nemají vkročit. Můžeme si ho zjednodušeně představit jako několik soustředných kruhů v prostoru, z nichž každý může ohraničovat oblast pro určitý druh interakce. Ve skutečnosti ovšem tyto oblasti nemusí být kruhové; jejich rozsah se může podstatně měnit v horizontálních, ale i vertikálních směrech. Jestliže dosažitelný prostor je omezen v jednom směru, pak prostorové požadavky se budou zvětšovat v jiném. Sociální prostor, obklopující člověka, se také rozděluje na čtyři oblasti (od středu): bezprostřední, osobní, užší sociální a širší sociální (Oborne, Heath, 1979). Hranice každé oblasti se mohou měnit. Sociální význam uvedených oblastí spočívá v pozorování, že jen určitým lidem je dovoleno, aby vstoupili do vymezeného prostoru. Jestliže tam vstoupí nepovolaní lidé, může dojít k značným změnám chování pracovníků.

Porušení bezprostřední oblasti (asi do 50 cm) jinou osobou může být pro pracovníka velmi obtěžující. V osobní oblasti (asi do 120 cm) lze rozvíjet přátelské kontakty. Užší sociální oblast (do 4 m) je považována za oblast základních pracovních vztahů. V širší sociální oblasti (nad 4 m) je vnější oblast, kde dochází ke komunikačním problémům pro větší vzdálenost. Když nepovolaný překročí některou z těchto hranic, tj. dostane se do oblasti, která není pro něho určena, může to vést ke zvýšení napětí či nepohody. Některé, zejména neurotické osoby mají pak tendenci z vymezeného prostoru prostě odejít nebo se projevovat agresívně.

Podobně jako osobní prostor je vymezený prostor pojem, který obsahuje sociální, nepsaná pravidla chování v prostoru. Překročení takových pravidel způsobuje pocity nepohody i některé negativní vnější projevy chování. Vymezený prostor se odlišuje od osobního prostoru tím, že je přesně určen a že se nemění pohybem pracovníka. Hranice jsou jasně viditelné, určeny jsou snadno rozeznatelnými objekty.

XII. Skupinové chování v systému lidé — technická zařízení

1. SKUPINOVÁ ČINNOST OPERÁTORŮ OBECNĚ

Technický rozvoj vedl k budování velkých systémů, řízených skupinou operátorů. Účinnost operátorské činnosti v takových systémech je určena nejen charakteristikami jednotlivých operátorů, ale také sladěním činnosti ve skupině, tj. schopnostmi a dovednostmi operátorů navzájem na sebe dobře působit, psychologickou shodou mezi členy skupiny i mezi skupinami navzájem, racionální strukturou skupiny, racionálním rozdělením funkcí mezi jednotlivými operátory apod. Problém skupinové činnosti je v inženýrské psychologii jedním z ústředních. Např. proces řízení chemické výroby má hierarchickou strukturu, skládá se z několika úrovní řízení: 1. vedoucí dozorčí směny, 2. vedoucí dozorčích směn jednotlivých cechů, 3. hlavní operátoři jednotlivých částí cechu, 4. operátoři zařízení. Efektivnost výroby i bezpečnost provozu závisí na spolupráci všech členů směny.

Ještě větší význam má skupinová činnost při práci skupiny operátorů v posádkách řídících dopravní prostředky, kdy operátoři uskutečňují nejen distanční, ale v základě bezprostřední spojení jednoho s druhým. Efekt vzájemného vlivu se v takovém případě projevuje obzvlášť silně.

Při výzkumu skupinové činnosti je předmětem studia nikoli jednotlivý operátor, ale skupina operátorů, která má společný cíl a prostředky k jeho dosažení.

Existuje několik druhů skupinové činnosti. Prvním případem je činnost hierarchická, uvedená již dříve. Zahrnuje několik úrovní řízení. Jiným druhem skupinové činnosti je ta, kdy stav objektu řízení se určuje mnoha vzájemně působícími proměnnými, jejichž řízení je rozděleno mezi více operátorů proto, aby nedošlo k přetížení. Charakteristikou takového vzájemného vlivu je rozdělení činností, které probíhají současně a bez přerušení, mezi jednotlivé operátory. V takových podmínkách každý z operátorů, který se podílí na plnění společného úkolu, dostává informace pouze v sumárním efektu plnění úkolů (např. v letadle).

Dalším druhem skupinové činnosti je zdvojování činnosti operátorů, užívané pro zvýšení spolehlivosti a rychlosti plnění úloh. Smysl takové

činnosti spočívá v současném plnění týchž úkolů několika operátory, přičemž se neustále srovnávají výsledky jejich práce.

Odlišným případem skupinové činnosti je také následná činnost řetězce operátorů. Uplatňuje se tehdy, když zpracování informace se skládá z řady po sobě následujících etap, přičemž každá etapa zpracování informace je plněna různými operátory. Příkladem tohoto druhu je činnost operátorů v podmínkách procesuální mechanizované výroby.

V závislosti na počtu pracovníků se rozlišují velké a malé skupiny. Tento rozdíl je podmíněn zákonitostmi dynamiky strukturálních změn. V malých skupinách je velká intenzita mezilidských vztahů. Při růstu skupiny se objem vzájemného ovlivňování rozšiřuje úměrně s počtem členů skupiny. Intenzita vztahů klesá a dynamika strukturálních změn se zpomaluje. V souvislosti s tím se chování člověka v podmínkách velké a malé skupiny může značně lišit. Skupiny operátorů jsou zpravidla malými skupinami. Malou skupinu lze definovat jako společenství několika lidí, jejichž počet je nezbytný a dostatečný pro uskutečnění společné činnosti, realizované prostřednictvím vzájemných vztahů a probíhající ve formách maximálně vhodných pro uplatnění vlastností osobnosti každého člena skupiny.

Povaha vzájemného působení operátorů je určena také strukturou skupiny, tj. systémem vzájemných vztahů členů. Vzájemné vztahy mezi operátory ve skupině existují jak v rovině cílových, funkčních kontaktů, tak i v rovině mezilidských vztahů. V souvislosti s tím se také přijímá rozdělení struktury skupin podle dvou aspektů: formálního a neformálního. Formální struktura odráží vzájemné vztahy lidí podle pracovního nebo funkčního principu. Vzájemné vztahy operátorů se regulují sociálními normami chování, systémem rozdělení funkčních závislostí, oficiálními instrukcemi a požadavky. Neformální struktura skupiny je systém emocionálních vztahů náklonnosti mezi členy skupiny. Vznikají na základě osobních vztahů, postojů, subjektivních zaměření, pocitů sympatie či antipatie, důvěry či nedůvěry.

Efektivnost skupinové činnosti je do značné míry závislá na tom, nakolik se neformální struktura skupiny shoduje s formální strukturou.

V závislosti na stupni organizace se rozlišuje několik druhů malých skupin. Jsou to jednak skupiny, které jsou určeny společným cílem. Jestliže se kromě toho skupina spojila vzájemnými volbami, pak se nazývá spojenou. Další druh uspořádané skupiny předpokládá, kromě již zmíněných motivů spojení, rozdělení funkčních povinností. Na vyšším stupni organizace je skupina sjednocená, spojená jako předchozí, ale předpokládá jednotu členů a připravenost ke společné konkrétní činnosti. Základním úkolem inženýrskopsychologického zkoumání skupinové činnosti je i potřeba vytvoření sjednocených skupin operátorů.

Výzkumy malých skupin ukazují řadu zákonitostí týkajících se vzájemných vztahů operátorů, a vytvářejí základ pro studium skupinové činnosti. Základním je princip souborného hodnocení skupiny. Přístup ke skupině jako k jednotnému celku se liší od přístupu k souboru jedinců. Kromě toho charakteristiky jednotlivých operátorů při individuální činnosti se podstatně odlišují od těchže charakteristik při skupinové činnosti. Byly např. zjištěny podstatné rozdíly doby reakce u týchž operátorů při skupinové a individuální činnosti.

Uplatňuje se také princip autonomizace skupin, podle něhož se ve skupině uplatňují konvergentní síly. Dochází k rozvoji emocionální, volní a informační komunikace. Tyto procesy vedou k určitému psychologickému oddělení, autonomii ve vztahu k jiným skupinám nebo osobám (Sereda, 1976).

V souhlasu s principem rovnováhy lze dosažení homeostatické rovnováhy v jakékoli skupinové činnosti chápat jako záruku efektivního vzájemného působení, úspěšného řešení skupinových úloh. Úroveň efektivnosti při současné činnosti operátorů koreluje se stupněm seberegulace skupiny, se stálostí její činnosti.

Následující dva principy určují možnosti vytvoření sjednocené skupiny. Je to princip funkční spolupodřízenosti, předpokládající rozdělení funkčních povinností operátorů ve vztahu k vytvořeným typům chování při realizaci skupinové činnosti, a princip psychologické slučitelnosti, určující optimální spojení operátorů.

Základními ukazateli efektivnosti skupinové činnosti je vycvičenost a vycvičitelnost skupiny. Odlišení těchto dvou pojmů je způsobeno tím, že některé skupiny jsou schopny řešit jen úkoly do určitého stupně obtížnosti i přes pokračující výcvik. Jiné skupiny, přestože měly slabší výsledky na začátku výcviku, v průběhu času řeší stále složitější úkoly. K pojmu vycvičitelnost se váže předpovídání činnosti skupiny v nových podmínkách. Pojem vycvičenosti odráží dosaženou skupinovou úroveň řešení úkolů. Oba zmíněné ukazatele podstatnou měrou závisí na struktuře skupiny (na způsobu spojení operátorů a stupni jejich vzájemného působení) i na stupni psychické slučitelnosti členů skupiny.

Relativní izolace jednotlivých pracovníků

V moderních pracovních podmínkách pracují často poměrně samostatně jednotliví pracovníci, kteří jsou od sebe prostorově odděleni. Tato skutečnost spolu s velmi vysokou odpovědností vede často k negativním důsledkům, jako je např. pocit sociální izolace, zvýšené odpovědnosti, různé neurotické projevy apod. I když se v literatuře popisuje, že člověk si postupem doby přivykne na nové pracovní podmínky, přece jen je třeba negativním vlivům čelit. Doporučují se různé úpravy pracovního prostředí, např. větší možnost komunikace mezi jednotlivými pracovníky různými auditivními prostředky apod.

Týmová spolupráce osob prostorově vzdálených

Práce jednotlivých pracovníků jsou na sebe velmi často těsně vázány a úspěch závisí do velké míry na tom, zda spolupráce je dobře rozvinuta. Udržet výrobní zařízení či výrobní proces v chodu je možné jednak při dostatečné kázni, jednak při řádném spojení mezi jednotlivými pracovníky. Vytvářejí se tzv. sociální skupiny s nepřímým (dálkovým) kontaktem. Tyto nové formy sociálních skupin nejsou tak přesně prozkoumány jako sociální skupiny, které jsou v přímém kontaktu. Vytvářejí se relativně obtížněji, ale zdá se, že jejich soudržnost bývá větší. Je nesporné, že na vytváření těchto týmů se podílí celá řada sociálně psychologických činitelů.

Závislost výroby na komunikačních spojích

Velmi často je řádný chod výroby v moderních průmyslových podmínkách vázán na komunikaci a cirkulaci informací mezi jednotlivými pracovišti a odděleními. Řada výzkumů sledovala optimalizaci předávání informací a příkazů mezi jednotlivými složkami. Rozhodující složkou jsou zde komunikační kanály a jakákoli jejich porucha či nepřesnost značně ztěžuje řízení větších celků. V poslední době se velmi často spojení mezi jednotlivými složkami zajišťuje dvěma i více kanály, aby spolehlivost předávaných informací byla co největší.

2. KOMUNIKACE A KOOPERACE

Význam komunikace při ovlivňování postojů lidí a při jejich stimulování k lepšímu pracovnímu výkonu se široce uznává (Janoušek 1968, Wish, 1975). Smyslem komunikace je dosáhnout vzájemného porozumění a tím pomoci vytvořit sociální podmínky, jež by pracovníky stimulovaly a pomáhaly organizovat jejich součinnost. Zda se tohoto cíle dosáhne nebo ne, závisí na mnoha faktorech, např.: 1. vztahy mezi komunikujícími; 2. obsah komunikace; 3. směr komunikace; 4. jaká komunikační síť se používá; 5. jaké překážky se vyskytují v komunikačních spojích.

Soudržnost pracovní skupiny

Soudržná pracovní skupina disponuje velkým potenciálem pro stimulování zaměstnanců k lepšímu nebo horšímu výkonu v závislosti na cílech skupiny. Ve vysoce soudržných skupinách se projevuje nižší variabilita produktivity než ve skupinách s nízkou soudržností. Úroveň produktivity práce u vysoce soudržných skupin se častěji a ve vyšším stupni liší (směrem nahoru nebo dolů) od celozávodní normy než u málo soudržných skupin.

Soudržná pracovní skupina může vyvíjet značný tlak na jednotlivce ve skupině a vyloučit ty, kteří se odmítají podřídit skupinovým normám.

Podrobněji se budeme zabývat komunikací a kooperací v nejmenší skupině, tj. v dyádě.

Základní charakteristiky dyády

V přirozené dyádě je reakce jednoho pracovníka podnětem pro reakci druhého. Stav lze tedy určit podle chování produkovaného celou dyádou. Stav jedince je definován pravděpodobnostním přiřazením mezi množinou podnětů a množinou reakcí.

Komunikací se rozumí takový přenos informace, jehož funkcí je měnit pravděpodobnost budoucího chování komunikujících prostřednictvím chování, které u daného souboru jedinců ve stejném stavu vyvolává stejnou reakci.

Dyadickou komunikaci v našem pojetí definujeme jako vzájemnou přímou aktivitu dvou lidí. Základní charakteristiky této komunikace jsou: rozvíjení aktivity v kontextu, každý účastník současně rozvíjí a dekóduje komunikační vodítka, každý účastník ovlivňuje a je ovlivňován (je „vysílačem" i „přijímačem"). Přitom každý je si vědom chování toho druhého a ví, že i ten druhý je si vědom jeho chování.

Dyáda je dále charakterizována celistvostí (dojde-li ke změně jednoho účastníka, ovlivňuje to také druhého), synergií (celek je víc než části, kombinované úsilí dvou lidí vytváří větší efekt než suma jejich individuálních akcí), cirkularitou, resp. zpětnou vazbou (všechno ovlivňuje vše, každá osoba pozoruje druhou a reaguje podle jejích reakcí) a ekvifinalitou (společným cílem).

Základní vztahy dvou jedinců v dyádě k nějakému předmětu lze vyjádřit Newcombovým koorientačním modelem (1953, 1961). Systém, který se skládá ze dvou jedinců *A* a *B* a jejich orientace k určitému objektu, lze dobře analyzovat. Každý jednotlivec je koorientovaný — orientuje se k jiné osobě a k objektu. Koorientační model také obsahuje odhad rozhodnutí druhé osoby.

Každou dyádu lze charakterizovat též z hlediska formy reciprocity. Chování z hlediska reciprocity má tři hlavní formy: nereciproční chování, symetrické reciproční chování a asymetrické reciproční chování.

Při nerecipročním chování dva lidé na sebe mluví, ale přitom každý ignoruje to, co říká ten druhý.

Při symetrickém recipročním chování je chování každého jednotlivce v souladu s chováním druhého. Každý účastník má právo být střídavě dominantní.

Při asymetrickém recipročním chování jedna osoba dominuje a druhá se podřizuje.

Dyadické vztahy pokračují pouze při určitém stupni reciprocity.

Dyáda a komunikace

Různé typy komunikace, které mohou pomoci integrovat dyádu, jsou obsaženy v modelu Krainově (1973). Zdůrazňuje se důležitost přímé verbální komunikace.

Wish (1975) provedl studii s pomocí dotazníku u 144 osob, aby zjistil pojmovou strukturu, kterou lidé užívají při vyjádření meziosobní komunikace. Dotazované osoby hodnotily sémanticky diferenciálně velký počet hypotetických komunikačních epizod. Každá komunikační epizoda se skládala z dyadického vztahu zahrnujícího subjekty a situační kontext. Multidimenzionální analýza dat ukázala 5 dimenzí, které lze interpretovat jako „kooperativní a přátelský versus soutěživý a nepřátelský", „neformální a otevřený versus formální a obezřelý", „hluboký versus povrchní", „na stejné úrovni a symetrický versus na různé úrovni a asymetrický" a „orientovaný na úkol versus neorientovaný na úkol".

Ohashi a Morikiyo (1974) každou komunikaci klasifikují do jedné z dvanácti kategorií: 1. zprávy o různých situacích; 2. zprávy o začátku akce bez příkazu vedoucího; 3. zprávy urgující vedoucího, aby učinil určitá důležitá rozhodnutí; 4. příkazy; 5. jednoduché otázky; 6. sdělení potvrzující výroky jiných; 7. otázky žádající objasnění ne-

jasných příkazů a zpráv; 8. vysvětlení; 9. závěrečná stanoviska; 10. vyžadování pozornosti jiných; 11. instrukce; 12. rozhodnutí.

Pace (1976) popisuje model tzv. seriální komunikace, v němž se analyzuje interpersonální komunikace podle toho, zda zahrnuje jednoduchý nebo vícenásobný systém subjekt vysílající — subjekt přijímající, což se označuje jakožto převodní systém.

Základní meziosobní jednotka jednoduchého systému nazývaná dyáda zahrnuje dva jedince, kteří současně a bezprostředně působí jako původci zpráv a jako jejich interpretující uživatelé. Je to nejčastější způsob výměny informací.

Když se dyáda rozšíří tak, že usnadňuje komunikaci s větším počtem lidí, dochází k vytvoření převodního řetězce, v němž jsou zastoupeni v sérii nejméně tři jedinci: osoba, která je původcem zprávy, osoba, která zprostředkuje nebo převádí zprávu a osoba, která ukončuje sérii.

Situace, v nichž se informace rozšiřuje od jedné osoby přes jinou osobu k další osobě, se označuje jako vícenásobný převodový systém, resp. jako seriální. Ačkoli je dyáda základním vztahem v sérii, je zapotřebí minimálně tří lidí, aby se seriální způsob komunikace uskutečnil.

Základní charakteristikou tohoto systému komunikace je serialita reprodukce informace vícenásobným systémem převodníků. Ústřední význam v systému má ten, kdo informaci převádí.

Smith (1973) stanovil čtyři funkce převodní části (na rozdíl od části výchozí a konečné) v systému seriální komunikace: 1. spojit (a možná i rozpojit) části systému; 2. uložit informace (a možná je i uchránit); 3. podržet význam (a možná ho i porušit); 4. kontrolovat (a možná i řídit) systém.

Tyto nebo jiné funkce vedou k systematickým chybám lidského činitele v komunikačních systémech. To se potvrzuje nejenom ze zkušenosti, ale i z experimentálních výzkumů.

Seriální komunikaci chápe Pace (1976) jako systém, v němž se dyáda rozšiřuje od osoby *A* k osobě *B*, k osobě *C*, k osobě *D* a k osobě *E* sérií převodů mezi dvěma osobami, v nichž každý jedinec po vysílajícím subjektu nejprve interpretuje a pak předává informaci další osobě v řetězci. Přitom mohou vzniknout rozsáhlé komunikační sítě.

U změn informace v seriální komunikaci lze studovat především míru změny (jak rychle v řetězci ke změně dojde), rozsah změny (akumulace změny mezi výchozí a konečnou částí), typ změny (kategorie nebo druh), příčinu změny (motivace, charakteristiky informace a druh převodního kanálu) a výsledek změny (důsledky pro osoby v řetězci seriální komunikace).

Metodologie studia dyád

Metodologie studia dyád vychází z několika základních předpokladů: 1. Stav dyády je na začátku interakce jiný než na konci; 2. stav dyády na konci interakce spoluurčuje její budoucí chování, tedy včetně odpovědí na dotazy i testy; 3. změna z počátečního do konečného stavu není pouze funkcí času, ale komunikace mezi oběma pracovníky; 4. komunikace mezi pracovníky probíhá prostřednictvím smyslů, a je tedy přístupná vnějšímu pozorování.

Je třeba zdůraznit, že tatáž osoba se může projevovat velmi odlišně v různých dyadických vztazích a také v téže dyádě, avšak v různé době, za různých intrapsychických podmínek nebo je-li konfrontována s novými situacemi prostředí.

Hagihara, Aramaki a Nagasawa (1975) studovali spolupráci dvojic pilotů při řízení letadla. Chování několika dvojic pilotů se filmovalo a nahrávalo na magnetofonové pásky. První a druhý pilot pracovali společně 57 % času při sledování vizuálních informací a 33 % času při rozhodování. Při manuálních činnostech pracoval každý pilot zvlášť. Během zbývající doby letu se první piloti většinou zabývali kontinuitním řízením a druzí piloti dílčími činnostmi. K více než 70 % verbální komunikace docházelo v období, kdy sdělující pilot prováděl nonverbální úkoly. První piloti mluvili 10 % letové doby, druzí piloti 12 %.

Pro ilustraci uvádíme příklad komunikace a kooperace posádky letadla.

Pracovní skupina na palubě letadla, např. TU-104 A, je složena z pěti výkonných letců (1. pilot, 2. pilot, navigátor, palubní mechanik a palubní radiomechanik) a ze skupiny tří leteckých průvodčích, starajících se o obsluhu cestujících, případně posádky. Velikost pracovního kolektivu je ovšem závislá na technické úrovni letounu a jeho vybavení, přepravní kapacitě a výši nároků cestujících na obsluhu.

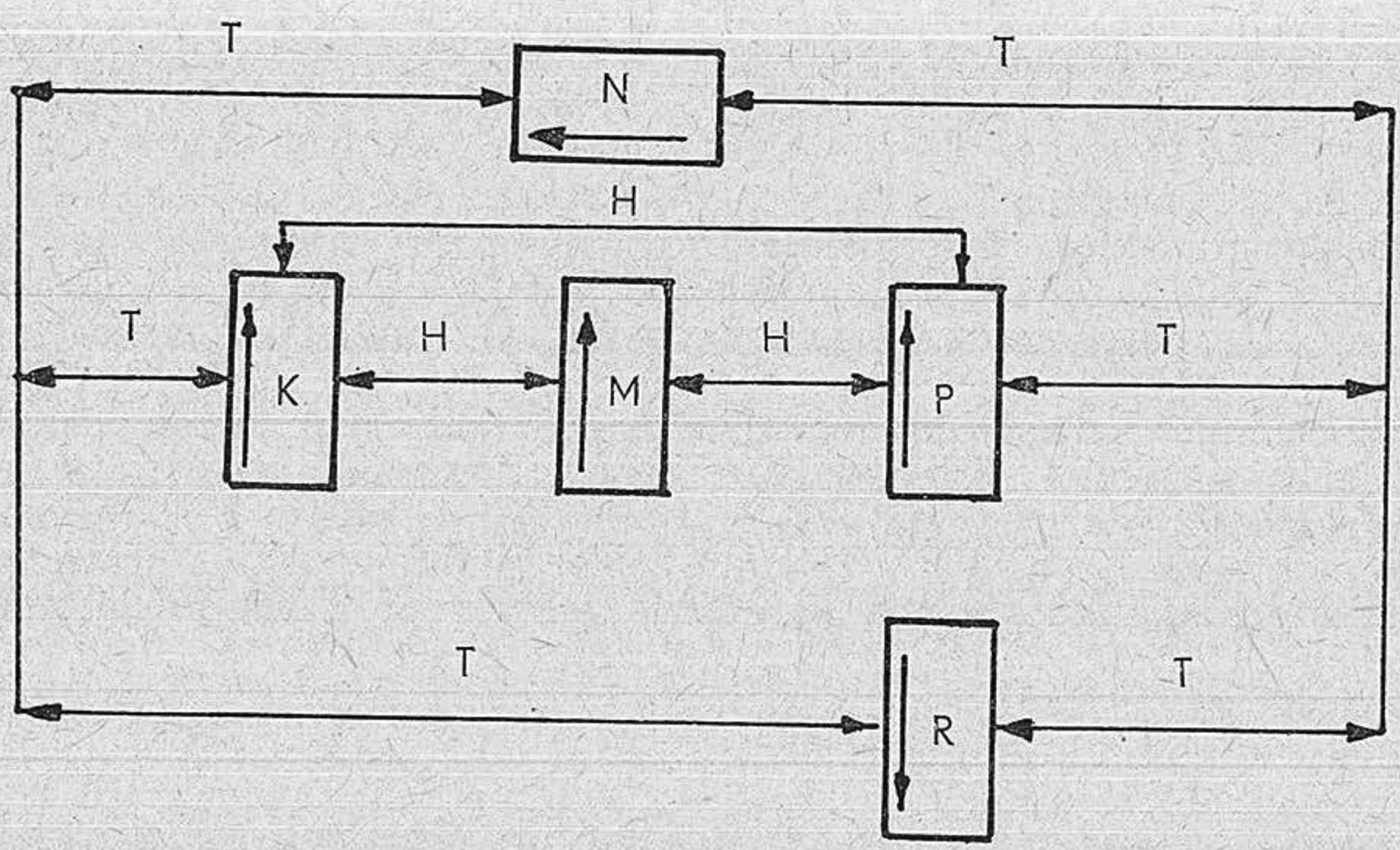
Celá skupina, zvláště výkonní letci, spolu úzce spolupracuje. Kvalita průběhu letu závisí na dokonalosti a návaznosti činností jednotlivých pracovníků. Nutnost vzájemné a včasné výměny informací, udržování technického vybavení v nepřetržité činnosti a spojení se zemí jsou základními prvky plnění společného úkolu a svým průběhem charakterizují smysl funkce skupiny na palubě. Pracovní program v průběhu letu, a zvláště při startu a přistání je naplněn činností a jeho splnění je závislé na kvalitách každého člena a podmíněno schopností skupiny vytvořit dobré pracovní vztahy.

Vzhledem k tomu, že život všech osob na palubě závisí na kvalitě práce každého člena posádky, je za letu patrná určitá vypjatost vzájemných požadavků. Jasně se to projevuje v případech, kdy se někdo z nich dopustí chyby (ve výpočtu, v navedení letounu, v předávání informace, v nepozornosti při sledování přístrojů apod.). Častější výskyt chyb by skupinu přivedl ke ztrátě důvěry ve spolehlivost její činnosti a k narušení pracovního ovzduší.

Rozmístění pracovníků a vlastní činnost každého člena posádky — ve vztahu ke kapitánovi letounu i vzájemně — určuje charakter speciálního styku na pracovišti. Pracovištěm posádky výkonných letců a leteckých průvodčích je paluba letadla (za letu) a vzájemný styk (s výjimkou přestávek) je důsledkem plnění pracovních povinností. Působiště operativní posádky je v přední části kabiny a od prostoru cestujících a pracoviště průvodčích je odděleno vzduchotěsnými dveřmi.

Interakce mezi piloty, palubním mechanikem, radiomechanikem a navigátorem se uskutečňuje přímým hovorem, telefonicky nebo pomocí reproduktorů vestavěných v kabině.

Pro představu komunikačních možností (obr. 57) je vhodné popsat charakter základních předpokladů pro vznik jakékoli výměny informací: 1. vzdálenost mezi jednotlivými pracovníky; schéma jejich rozmístění; 2. způsob komunikace; 3. možnosti bezprostředního hovoru.



← směr posazení

↔ vydává a přijímá informace

P . . . 2. pilot
M . . . palubní mechanik
R . . . radiomechanik

K . . . kapitán letadla
N . . . navigátor
T . . . palubní telefon
H . . . hovor

Obr. 57 Komunikační vazby mezi členy posádky letadla TU-104 A

Kapitán — navigátor:
Navigátor je umístěn ve špici letounu, která zaručuje dobrý výhled. S výjimkou přestávek nemá navigátor možnost být v přímém ústním styku s posádkou. S ostatními členy pracovní skupiny je spojen úzkou průchodnou uličkou pod kovovými panely střední přístrojové desky, palubním telefonem a reproduktorem. Spojení kapitán — navigátor je základním komunikačním článkem, nezbytně nutným k vedení letu.

Kapitán — palubní mechanik:
Palubní mechanik sedí mezi kapitánem a druhým pilotem. Jejich těsná vzdálenost umožňuje přímý hovor. Mechanik kontroluje během letu hodnoty motorových přístrojů, které jsou umístěny na přístrojové desce před ním. Velitele letadla průběžně informuje o jejich velikosti a o každé indikaci nenormálního stavu motorových funkčních mechanismů.

Kapitán — druhý pilot:
Pracovní poloha obou pilotů se nachází v linii podle obrázku 57. Obsluhují přibližně stejné přístrojové, řídicí a ovládací vybavení. Vzdálenost obou sedadel je asi 1 metr. Spojení kapitán — druhý pilot je důležitým komunikačním článkem nezbytným pro zdárný průběh letu. Tento fakt určuje frekvenci vzájemného styku. Spojení probíhá převážně hlasitým hovorem. Bezprostřední předávání informací má velký význam i z psychologického hlediska. Umožňuje totiž vzájemné vysvětlení situací zapříčiněných případným nesprávným vyložením pozorovaného jevu jedním z nich. I průběžná vzájemná kontrola činností je pro bezpečnost letu nezbytná — na chybu jednoho z pilotů okamžitě upozorní některý člen posádky.

Kapitán — palubní radiomechanik:
Spojení podle obrázku 57 — palubní telefon. Vzájemná vzdálenost je asi 2 m. Kapitán se může s radiomechanikem dohovořit pootočením hlavy doprava a zvýšením hlasu. Radiomechanik pomáhá kapitánovi rozlišit nesrozumitelné signály a udržuje hlavní radiový styk se zemí.

Kapitán letadla je ústředním činitelem na palubě. Proto jeho spojení s ostatními členy posádky jsou základního charakteru, musí být informován o jejich činnosti a o činnosti související s letem. Ostatní spojení jsou podružného charakteru, ale jsou vedena s jeho vědomím.

3. ŘEČ A JINÉ ZPŮSOBY SDĚLOVÁNÍ INFORMACE

Řeč v kombinaci s nasloucháním je neobyčejně efektivní a přímý způsob přenosu informace. Jestliže je příliš tichá, může být maskována šumem, jestliže je příliš hlasitá, může přetížit komunikační systém.

Rozhovor osob na vzdálenost 1 metr při značně zesíleném hlase je možný v prostředí s hladinami akustického tlaku pod 70 dB v kmitočtovém rozsahu 600 až 4800 Hz (tři oktávová pásma). V prostředí s vyššími hladinami se stává řeč nesrozumitelnou. Pro tyto případy byl zaveden pojem hladiny maskování řeči. Hladina maskování řeči se stanoví jako aritmetický průměr hladin akustického tlaku v pásmech 600 až 1200, 1200—2400, 2400—4800 Hz, měřených ve spektru hluku. Uvádí se, že řeč je dobře srozumitelná, když v místě ucha naslouchajícího je hladina maskování o 12 dB níže, než je celková hladina řeči. Normální hlas má celkovou hladinu ve vzdálenosti 1 metru asi 65 dB. Tabulka 13 uvádí hladiny maskování řeči pro různou vzdálenost a různou intenzitu hlasu.

Tabulka 13
Nejvyšší hladiny maskování řeči, dovolující ještě dobrou srozumitelnost

Vzdálenost mezi mluvícím a naslouchajícím (v metrech)	Hladiny maskování řeči v dB pro			
	normální hlas	zesílený hlas	silný hlas	křik
0,3	65	71	77	83
1	55	61	67	73
2	49	55	61	67
4	43	49	55	61

Z tabulky 13 vyplývá, že v klidném prostředí, kde není normální řeč rušena, ve vzdálenosti 1 m od mluvící osoby nemají být hladiny akustického tlaku v pásmech jedné oktávy v oblasti nad 600 Hz vyšší než asi 50 dB. Celková hladina akustického tlaku může být ovšem vyšší.

Srozumitelnost řeči

Komunikační systém se obvykle hodnotí zejména podle toho, jaká je srozumitelnost komunikace. Při inženýrskopsychologických návrzích je

KNIŽNICA

třeba srozumitelnosti řeči věnovat zvláštní pozornost. Je známo, že samohlásky v řeči představují nejhlasitější pasáže a jsou také nejodolnější vůči distorzím. Z testování srozumitelnosti řeči u sdělujících a u naslouchajících je možno odvodit mnoho dalších empirických údajů. Srozumitelnost lze předpovídat nebo vypočítat např. pomocí tzv. artikulačního indexu či interferenční hladiny rušení řeči.

V mnoha případech v praxi dochází ke snížení srozumitelnosti řeči. V podmínkách, kdy osoba sdělující zprávu je v hlučném prostředí, je třeba používat mikrofony redukující hluk. Někdy je žádoucí použít nelineární zesilovač.

V závislosti na okolním hluku, podmínkách dozvuku, počtu osob, jimž je zpráva určena, a požadavku mobility by se měly používat reproduktory nebo sluchátka. Pro dobrou srozumitelnost v místnosti se doporučuje doba dozvuku asi 1 sekunda. Tato podmínka je ekvivalentní poměru signálu k šumu 0 dB.

Je třeba se vyhnout tomu, aby se předávala najednou více než jedna redundantní zpráva naslouchajícímu (vícekanálové naslouchání). Čím častější je výskyt určitého slova, tím lépe je slovo zachyceno. Čím delší je slovo, tím je identifikovatelnější. Čím kratší je zpráva, tím je lepší komunikace.

Oddělení pracovníka od vlastní výroby

Postupně stále více pracovníků je odděleno od vlastní výroby; operátoři sice často výrobu řídí, ale informace o skutečném výrobním postupu získávají zprostředkovaně na základě zpětných informací. Často i kontrolní složky jsou automatizovány a výsledky kontrolních zkoušek jsou opět signalizovány zprostředkovaně operátorům. I z tohoto hlediska se zvyšuje nezbytnost dokonalých komunikačních spojení v rámci závodu a na druhé straně se jednotliví pracovníci učí řešit své úkoly na základě získaných informací, a nikoli na základě přímé zkušenosti. Tento způsob práce si opět vyžaduje nový způsob zácviku a organizace práce.

Rozsáhlé signalizační a ovládací systémy

Složitost signalizačních a ovládacích systémů stále narůstá a klade požadavky na celou řadu psychických vlastností pracovníků. Složitost systému se snadno stává nepřehlednou a nevhodně organizované pracoviště či nevhodně předkládané signály mohou značně zhoršovat pracovní výkon člověka jak po stránce kvantitativní, tak po stránce kvalitativní. Národohospodářské škody, které vznikají z nepřiměřeně složitých signalizačních či ovládacích systémů, jsou nesrovnatelně vyšší než náklady spojené s jejich úpravou tak, aby byly přiměřené mentální kapacitě člověka. V této oblasti se lze opřít o rozsáhlý systém poznatků, nashromážděný inženýrskou psychologií.

XIII. Inženýrskopsychologické projektování a hodnocení systému člověk — stroj

1. ZÁSADY INŽENÝRSKOPSYCHOLOGICKÉHO PROJEKTOVÁNÍ A HODNOCENÍ SYSTÉMŮ

Projektanti a konstruktéři budoucích technických systémů musí ve svých návrzích respektovat:

1. vrozené charakteristiky člověka;
2. charakteristiky, které byly neúmyslně získány;
3. charakteristiky, které byly úmyslně získány ve prospěch určitého systému.

K prvním dvěma bodům se bude vztahovat program psychologického výběru, zatímco ke třetímu program výcvikový. Při konstrukci moderních systémů je třeba myslet na vhodné využití daných i získaných vlastností člověka a přihlížet i ke vzrůstajícím nákladům na výcvik. V uvedené souvislosti je třeba si uvědomit potřebu spojení vědy a technologie.

Navržení systému člověk — stroj je vývojovým procesem, který prochází řadou fází. Mezi hlavní patří tyto:

1. určení účelu nebo poslání, které má systém plnit (cíle nebo požadavky);
2. analýza, definice a rozlišení funkcí systému;
3. přidělení funkcí (rozhodnutí, které funkce přidělit lidem a které strojům);
4. upřesnění pro návrh technického zařízení a pro personální obsazení;
5. inženýrská fáze — návrh technického zařízení, zvláště návrh vztahových prostředků mezi člověkem a strojem, a současně návrh výběrových a výcvikových postupů a pracovních prostředků;
6. zkoušení a ověření systému v umělých (laboratorních) a skutečných (provozních) podmínkách;
7. výroba systému;
8. provoz systému.

Z výše uvedených fází je zřejmé, že konečného cíle, provozu systému, může být dosaženo pouze za podmínky úzké spolupráce mezi různými odborníky. V tom případě lze dosáhnout i určitého zkrácení doby potřebné pro vývoj systému. Zatímco při starém způsobu docházelo k uplatnění personálních aspektů až po vyvinutí technického zařízení,

nový způsob vyžaduje soustředění dat o funkci systému pro uplatnění poznatků o lidském činiteli paralelně s vývojem zařízení tak, aby možné nedostatky byly korigovány okamžitě.

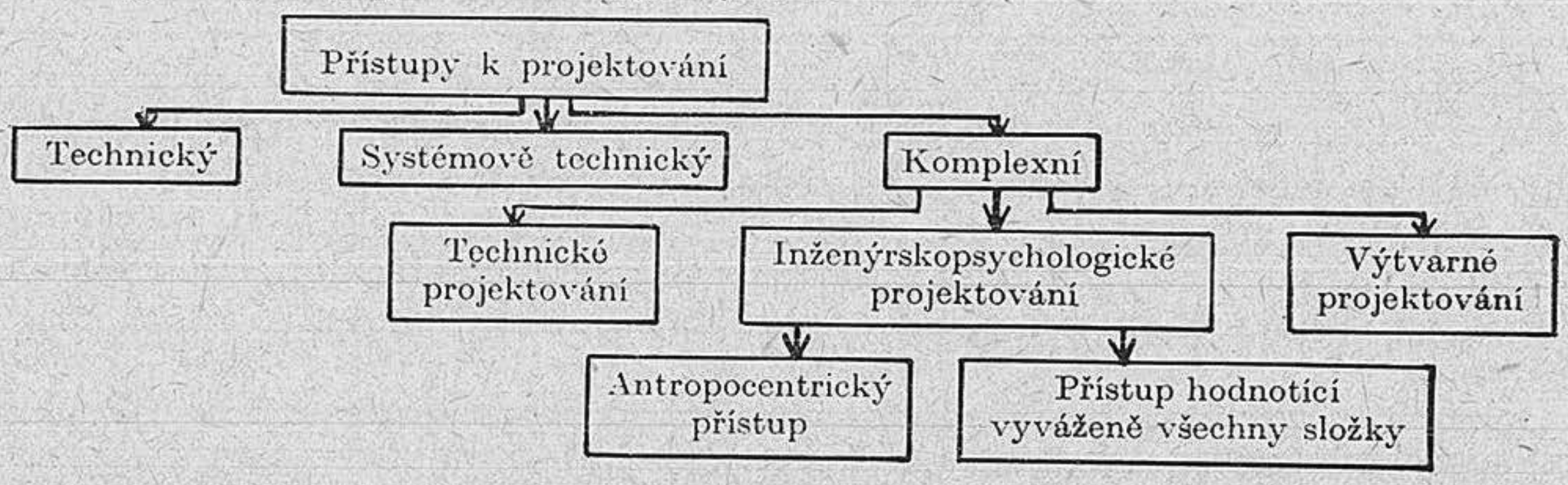
Během posledních desetiletí se stalo zřejmým, že optimalizace vazeb mezi lidmi a stroji je nejdůležitější pro výkonnost systémů člověk — stroj. Z uvědomění si této pravdy se vytvářela tendence navrhovat zařízení a pracovní prostředí vzhledem k psychickým funkcím člověka, jako je vnímání, rozhodování a jednání. Takovýto konstrukční přístup pomáhá řešit existující problémy činnosti systému i jeho údržby. Aby bylo možné dosáhnout rozhodujícího vlivu na návrh systému, úsilí zaměřené na lidský činitel musí začít od nejranějších etap projektů.

Rozvoj přístupů k projektování

V historii rozvoje techniky v závislosti na způsobu respektování lidského činitele při projektování požadavků na místo člověka v projektovaném systému byly podle Seredy (1976) užity tři přístupy k projektování. Jejich vývoj je na schématu 8.

Schéma 8

Rozvoj přístupů k projektování složitých systémů



Proces vývoje systému je podle Meistera (1971) složen z následujících částí:

1. Konstruktér začíná vycházet ze souboru systémových požadavků, ve kterých je specifikováno, jaké funkce má systém plnit, pokud možno v kvantitativní formě, i když často tomu tak není. Tyto požadavky si může konstruktér stanovit sám, nebo mu je může předložit zákazník ve formě konstrukční specifikace. Tyto požadavky popisují terminálové výstupy ze systému (např. co má být systémem vykonáno), což znamená, že musí být rozděleny podle požadavků podřízenosti (např. aby se dospělo k výstupu X, jsou zapotřebí podrobné požadavky $X_1, X_2, X_3 \ldots X_n$). Může se ovšem stát, že systémové požadavky bude obtížné splnit; mohou být někdy protikladné nebo nekompletní. V mnoha případech požadavky na činnost pracovníků, které by měly tvořit část požadavků systému, vůbec chybějí.

2. Podřízené požadavky jsou transformovány do mechanismů, jež by měly tyto požadavky splňovat (např. pro přistání letadla musí být vypracován systém podvozkového zařízení a příslušný displej).

3. Konstruktér vytvoří řadu konstrukčních nebo návrhových alternativ, které vyhovují daným požadavkům. Je chybou domnívat se, že jedno a jen jedno řešení vyhoví požadavkům. Např. stejným požadavkům je možno vyhovět ručním, poloautomatickým nebo plně automatickým systémem.

4. Konečné zvolené uspořádání bude záviset na kritériích, o nichž konstruktér předpokládá, že budou pro konečný systém nejdůležitější: celkový výkon, rychlost reakce, pravděpodobnost chyby, cena atd.

5. Ke konečnému uspořádání se dospěje po opakovaném zkoumání alternativ v závislosti na požadavcích systému. Většina těchto zkoušek je koncepčních a pojmových, tj. vztahuje se k původním systémovým požadavkům a kontroluje vhodnost zvolené konstrukce. Jakmile je přijato a postaveno prototypové zařízení, začínají zkoušky na fyzikální úrovni. Výsledky těchto zkoušek zpravidla mají za následek provedení určitých úprav, po nichž je přijato konečné řešení. Tento proces je prodlužovaný a iterativní.

6. Proces se aplikuje na všech systémových úrovních. Vztahuje se — nebo by se alespoň měl vztahovat — stejně tak na uspořádání ovládacího panelu a na stanovení počtu potřebných osob personálu, jako na volbu celkového uspořádání. Volba určitého uspořádání ovládacího panelu může být logickým důsledkem vyplývajícím z požadavků systému, může být provedena podle kritérií, jako rychlost a přesnost ovládání a může být porovnána s celkovými požadavky systému.

Pracovní postup při navrhování systému člověk — stroj (viz schéma 9, str. 222) charakterizovali rovněž Lomov, Rubachin a Venda (1977).

Charakteristiky procesu vývoje systému

Proces systémového vývoje je speciálním případem řešení problému, takže je přístupný experimentálnímu studiu, podobně jako jiné situace při řešení problémů, kde jsou příklady takových studií. Kromě toho, protože systémy člověk — stroj jsou důležitou částí naší technické kultury, je záhodno studovat způsob, jakým jsou takové systémy uváděny v život, a to nejen proto, abychom zlepšili vývojový proces, ale i z historických a antropologických důvodů.

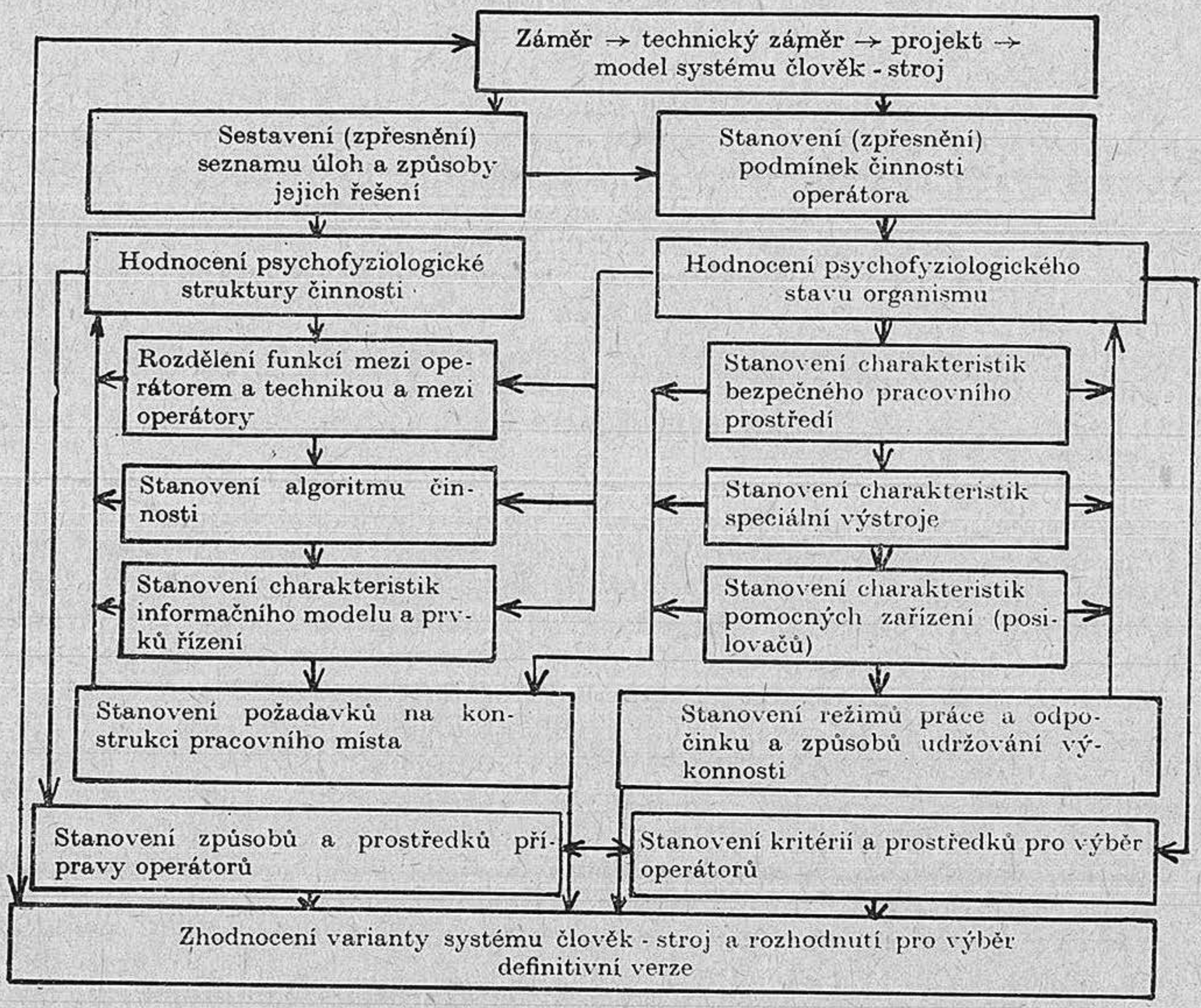
Tento proces je jak analytický, tak deduktivní. Tím chceme říci, že původní požadavky na systém, které jsou zcela obecné, se musí postupně analyticky rozdělovat na stále podrobnější detaily.

Čím složitější je systém člověk — stroj, tím delší bude analytická sekvence mezi počátečními požadavky na systém a mezi mechanismy, jež budou funkce vykonávat, a tím je pochopitelně i větší možnost chyb. Počáteční dedukce z původních požadavků na systém jsou poměrně jednoduché, a dokonce jednoznačné, neboť existuje jen několik základních mechanismů, jež mohou danou funkci plnit.

Složitost vývojového procesu také vzrůstá s množstvím protikladných požadavků, jež jsou na systém kladeny. Je např. možné požadovat systém, který současně na operátorovi vyžaduje rychlou reakci na složité podněty a zároveň vyžaduje práci bez chyb. Takový požadavek ovšem obsahuje kompromis, a tím také zhoršení funkce mechanismů, jež budou použity.

Schéma 9

Schéma pracovního postupu při navrhování systému člověk - stroj (Lomov, Rubachin, Venda, 1977)



Vývojový proces je tedy procesem pravděpodobnostního rozhodování, poněvadž jediné „nejsprávnější" řešení není zřejmé, takže je třeba volit mezi různými alternativami. Volba se provádí na základě kritérií, jako je schopnost vykonávat požadovanou funkci, spolehlivost, bezpečnost, cena, vyrobitelnost atd.

2. STACIONÁRNÍ STROJE A TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ

Hodnocení operátorských činností z hlediska pracovních podmínek provedl v ČSSR Matoušek (1978). V zájmu všestranného využití profesiogramů zdůrazňuje požadavek, aby profesiografie byla komplexní.

Matouškovo schéma ve srovnání s jinými schématy popisu pracovních podmínek, vlivu a požadavků práce je podle našeho názoru dobrým podkladem pro hodnocení stacionárních strojů a technických zařízení. Uvádíme ho na tomto místě ve formě vhodné pro potřeby konstrukce a užití technických prostředků.

Hodnocení, zkoušení či testování technických zařízení (souhrnně pracovních prostředků), používaných jak ve sféře výrobní, tak nevý-

robní, je v podstatě srovnáním daného pracovního prostředku s předem stanovenými požadavky. Požadavky se mohou týkat technických, ekonomických, bezpečnostních, inženýrskopsychologických a estetických aspektů či jiných vlastností pracovního prostředku. Obvykle jsou označovány jako hodnotící kritéria či pouze kritéria. Technická a ekonomická kritéria jsou kvantifikovatelná v jednotkách fyzikálních či ekonomických. Kvantifikace kritérií, jež se týkají člověka (tj. bezpečnostní, inženýrskopsychologická a estetická), je možná jen u některých vlastností funkcí a projevů člověka. Tak jsou např. známy tělesné rozměry, fyzické síly, rozsahy pohybů, prahové hodnoty smyslů atd., avšak značně obtížná je kvantifikace (resp. určení kapacity) u funkcí psychických, jako je příjem, interpretace a zpracování informací, rozhodovací kapacita, únavové projevy, sublimitní a nadlimitní zátěž, komfort až diskomfort apod.

Způsob třídění (klasifikace) kritérií na hygienické, antropometrické, fyziologické, psychologické (psychofyziologické), který je často používán, neodpovídá principu systémovosti, jež je právě v poslední době zdůrazňován. Toto oborové třídění je v rozporu s jednotou organismu, tak jak se projevuje v interakci mezi biologickými a technickými složkami každého systému člověk — stroj — pracovní prostředí. Při všech operacích i skupinách operací, jež člověk vykonává v rámci výrobní či nevýrobní činnosti, jsou současně aktivovány jak mechanismy fyziologické (vegetativní a pohybové funkce), tak i psychologické (Matoušek, 1978).

Předpokladem pro odborně fundované hodnocení pracovních prostředků je soubor kritérií, který má obvykle formu kontrolního listu, a více či méně přesně určené požadavky, doporučení či předpisy.

Požadavky, resp. doporučení, která se týkají parametrů pro různá technická zařízení, nejsou vždy prezentovány takovým způsobem, aby tvořily ucelenou, prakticky použitelnou jednotnou soustavu hledisek. Větší závažnost mají legislativní opatření, jež jsou výslednicí jednak výzkumu, jednak zobecněné empirie. Takovým opatřením je v ČSR soustava hygienických předpisů. Se zřetelem k hodnocení strojů je nejdůležitější hygienický předpis 40 Směrnice o hygienických požadavcích na stacionární stroje a technická zařízení (svazek 36/1976), který platí od 1. 1. 1977. Vychází ze zákona č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu a je určen především orgánům hygienické služby (pro běžný i preventivní dozor), ale taktéž konstruktérům a všem pracovníkům technických úseků právě tak jako státním zkušebnám. Uvedená směrnice obsahuje jednak obecná ustanovení ve vztahu k hygienickým požadavkům, k uspořádání pracovních míst, k ovládačům a k informacím, jednak v 10 přílohách i konkrétní inženýrskopsychologické parametry.

Obdobným legislativním opatřením je ČSN 18 4302 Dozorny pro řízení technologických procesů — Řídící centra s účinností od 1. 10. 1975, která analogicky jako u stacionárních strojů obsahuje i inženýrskopsychologické parametry pro projektování, výstavbu a provoz nových dozoren, i rekonstrukci, adaptaci a generální opravy dozoren dosavadních.

Důležitý je také hygienický předpis 46 Směrnice o hygienických požadavcích na pracovní prostředí (svazek 39/1978), který platí od 1. 10. 1978.

Pracovníci Centra hygieny práce a nemocí z povolání (IHE) vypra-

covali návrh kontrolního listu jak pro stacionární stroje (Příloha 3), tak pro dozorny (Příloha 4). Na návrzích obou kontrolních listů se podílel vedle O. Matouška též Z. Zastávka a A. Zelený.

Kontrolní list pro stacionární stroje obsahuje celkem 41 dílčích hledisek v 9 skupinách, označených písmeny *A* až *I*. Skupiny jsou následující:

A. Pracovní místo
B. Pracovní předmět a části stroje (kromě ovládačů)
C. Zdroje přímých informací
D. Zdroje zprostředkovaných informací
E. Ovládače
F. Vztahy mezi sdělovači a ovládači
G. Pracovní prostředí ovlivněné strojem
H. Povrch a tvarování stroje
I. Vybavenost stroje

U hledisek *A* až *G* lze zhodnocení provést se zřetelem k devíti základním činnostem označeným *1* až *9:*

1. příprava stroje (tj. kontrola stavu stroje, zajištění a kontrola přívodu energie, pohonných hmot, chlazení, mazání, seřízení stroje s ohledem na požadované parametry výstupu atd.);

2. zásobování stroje (tj. příprava potřebného množství surovin, materiálů, polotovarů apod., jejich vkládání, upínání, centrování, vyvažování atd.);

3. spouštění a zastavení stroje (tj. postup — algoritmus při zapínání a vypínání jednotlivých funkcí);

4. kontrola chodu stroje (tj. kontrola pracovních i energetických funkcí či žádoucích parametrů, např. otáčky, teplota, tlak, elektrické či jné energetické veličiny) prováděná buď přímo (přímé informace), nebo zprostředkovaně (tj. na sdělovačích zrakových či pomocí sdělovačů sluchových);

5. úprava a kontrola zpracovávaných předmětů, materiálů, polotovarů apod. (tj. odhrotování, povrchová úprava apod., prováděná pomocí ručních nástrojů či jiných pomůcek; měření a kontrola s použitím měřidel a přístrojů);

6. výstup ze stroje (tj. odebírání, uvolňování a vyjímání materiálů, polotovarů, předmětů z upínacích mechanismů, přípravků apod. a jejich ukládání ruční či pomocí mechanismů pro transport);

7. odstraňování odpadu, resp. vedlejších produktů (ruční nebo mechanizované);

8. čištění a údržba stroje (tj. odstraňování nečistot, odpadu po skončení strojních operací, běžná údržba pracovních částí stroje, odstraňování drobných závad týkajících se nástrojů, mazání, chlazení apod.);

9. opravy běžné a generální, které provádějí k tomu určení opraváři buď na místě, nebo v opravárenských dílnách.

U každého dílčího kritéria se vyznačí:

\+ jestliže příslušný požadavek je splněn, tj. odpovídá příslušnému ustanovení v hygienickém předpisu či ČSN;
— není-li příslušný požadavek splněn;
0 jestliže příslušný požadavek nepřichází v úvahu.

Součástí kontrolního listu je jednak formulář pro přehled a charakteristiku zjištěných závažných nedostatků, na nichž jsou opakovány názvy skupin a požadavky na nutná další měření, prověření, včetně náhradních opatření, jednak odkazy na paragrafy a odstavce Směrnice 40, resp. příslušné ČSN (40/4/3 znamená Směrnici 40, paragraf 4, odstavec 3).

3. MOBILNÍ STROJE A TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ

Při analýze nežádoucích událostí a jevů, vyskytujících se při činnosti mobilních pracovních prostředků, se závěry vztahují vždy k některým charakteristickým znakům místa řidiče. Je to např. nedokonalá viditelnost směrem k části operační zóny, špatná poloha ovladače, nesnadný přístup ke kabině a mnoho dalších nežádoucích jevů. Mnohá oficiální šetření uvádějí jako příčinu nežádoucích událostí a jevů únavu, špatná ovládnutí strojů, chyby při řízení, nepozornost atd. Bez poznání skutečných příčin určitého chování člověka jsou však takovéto závěry pochybné a nevedou k řešení skutečných příčin. Hlubší analýzou lze zjistit řadu technických a organizačních činitelů, které rozhodující měrou ovlivňují spolehlivost systému. Je to např. náhlé uvolnění špatně umístěného ovládače, příliš velký odpor ovládače, vysoké vibrace a rázy, špatná organizace práce. Proto pokládáme inženýrskopsychologické uspořádání místa pro řidiče za důležité preventivní opatření proti úrazům.

Ovšem úrazy nejsou jediným negativním následkem nevhodné úpravy místa řidiče. Bolesti v zádech, ischias, deformace plotének, patologické změny kosterního systému a neurotizace jsou evidentní následky dlouhotrvajících vnucených a chybných pracovních poloh, příliš vysokých hladin vibrací a častých rázů.

Nepatrná chyba způsobená některým ze zdrojů psychické nebo fyzické zátěže řidičů, zjištěná na podkladě krátkodobého pokusu, se stává velmi výraznou na konci pracovní směny. Proto při studiu pracovního místa a činnosti řidiče je nevyhnutelně nutno analyzovat všechny zdroje psychické a fyzické zátěže řidičů mobilních pracovních prostředků.

Výzkum mobilních pracovních prostředků provedený Brabcem aj. (1976—1980) byl realizován se zaměřením na rypadla a nakládače pro velkou četnost jejich používání, a zejména proto, že jejich ovládací činnost je ze všech mobilních pracovních prostředků nejsložitější a nejnáročnější a jsou v ní v podstatě zastoupeny všechny prvky ovládací činnosti ostatních mobilních pracovních prostředků.

Při posouzení významnosti zdrojů psychické a fyzické zátěže řidičů, včetně negativního působení škodlivých vlivů fyzikálních, chemických, biologických a fyziologických, musíme vycházet z pracovního procesu, ve kterém se realizuje pracovní úkol pro nakládače a rypadla. Byla použita zejména analýza pracovních operací a úkonů. Zdroje psychické a fyzické zátěže řidičů rypadel a nakládačů byly roztříděny na zdroje vyplývající z organizace, prostředí, lidského činitele. Uvedeny jsou v tabulce 14.

Tabulka 14

Zdroje psychické a fyzické zátěže řidičů rypadel a nakládačů

TECHNIKA	ORGANIZACE
— vnucená pracovní poloha — vibrace — rázy — hluk (zvyšovaný podmínkami pracovního prostředí) — tepelná nepohoda (zvyšovaná klimatickými podmínkami) — ovládací činnost (počet ovládačů, umístění ovládačů, frekvence pohybů, síla na ovládání) — sdělovače (sledování palubní desky, zejména při jízdě po komunikaci) — ztížený výhled vpřed: přes výložník nebo lopatu vzad: mrtvý úhel za strojem do hloubky: v základní prac. poloze znemožněn	— režim práce (délka směny, přesčasy) — odvoz zeminy (počet doprav. prostředků, úprava terénu pro pojíždění) — komunikace v průběhu činnosti (nutnost občasné pracovní komunikace s vedoucími a ostatními pracovníky)
PROSTŘEDÍ	**LIDSKÝ ČINITEL**
— nerovnost terénu a překážky (nerovný terén zvyšuje vibrace a nároky na řízení a ovládání) — klimatické podmínky (tepelná nepohoda a oslňování) — chemické škodliviny (zplodiny z ostat. strojů a doprav. prostředků, zplodiny po odstřelu a koncentrace škodl. prachu) — hluk (zvyšování hlukové hladiny provozem strojů a doprav. prostředků v místě práce) — provoz ostatních prostředků a zařízení a pohyb osob v prostoru nakládání nebo hloubení — místo těžení nebo nakládky (nad nebo pod lomovou stěnou, nad srázem, v zemníku atd.) — třída těžené horniny, zeminy	— nedostatečná smyslová vybavenost pro práci — špatný zdravotní stav — nedostatečná fyzická odolnost — snadné podléhání psychické zátěži — nervová labilita — extrémní introverze nebo extraverze

Tabulka 15
Kategorizace obtěžujících a ohrožujících vlivů

	Vliv	R_k	R_p	N_k	N_p
Technika	Nevyhovující základní rozměry kabiny	B	B	B	B
	Nevyhovující konstrukce kabiny (z hlediska bezpečnosti)	A	A	A	A
	Nevhodné řešení manipulačního prostoru	B	B	B	B
	Nevhodné řešení pedipulačního prostoru	B	B	B	B
	Nevyhovující sedadlo	B	B	A	A
	Umístění ovládače mimo optimální nebo funkční pracovní prostor	B	B	B	B
	Nevhodný tvar hmatníku ovládače	B	B	B	B
	Ovládač umístěný v prostoru komunikace	A	A	A	A
	Ovládač nelze zajistit proti náhodnému spuštění	A	A	A	A
	Nepřiměřená síla potřebná k ovládání ovládačů	B	B	B	B
	Nadměrná frekvence ovládacích pohybů	B	B	B	B
	Chybějící nebo nevhodná nášlapová plocha pedálů	A	B	A	B
	Vnucená pracovní poloha bez možnosti změn	B	B	B	B
	Nedostatečný nebo omezený výhled	A	A	A	A
	Nevhodná konstrukce vertikálních a horizontálních komunikací	A	A	A	A
	Zvýšená hluková hladina	A	A	A	A
	Nadměrné vibrace a rázy	B	B	A	A
	Kabina bez klimatizace	B	B	B	B
	Kabina vez vytápění	B	B	B	B
	Kabina bez opatření proti oslnění	A	A	A	A
Prostředí	Ztráta stability stroje při jízdě v terénu	A	A	A	A
	Ztráta stability stroje při jízdě po komunikaci	A	—	A	—
	Ztráta stability stroje v důsledku poklesu stabilizačních podpěr	A	—	—	—
	Oslnění	B	B	B	B
	Tepelná nepohoda	B	B	B	B
	Chemické škodliviny — prach	B	B	B	B
	Zvýšená hluková hladina vlivem provozu ostatních technologických zařízení	B	B	B	B
	Práce v prostoru pod svahem nebo stěnou	A	A	A	A
	Práce v prostoru nebezpečí pádu stroje do hloubky	A	A	A	A
	Práce v blízkosti objektů, předmětů el. vedení a jiných zařízení, která mohou být poškozena	A	A	A	A
	Pohyb strojů a zařízení v prostoru pracovního okruhu stroje	B	B	B	B
Organizace a pracovní režim	Rýpání v nepřiměřené hloubce nebo v prostoru, kam není z kabiny vidět	A	A	—	—
	Vnucené pracovní tempo	B	B	B	B
	Nevhodný pracovní režim, práce bez přestávek nebo nevhodné rozložení přestávek v práci	B	B	B	B
	Nepřiměřená délka pracovní doby — přesčasy	A	A	A	A
Vadné jednání subjektu	Špatné nastavení sedadla nebo jeho části	B	B	A	A
	Pohyb osob v prostoru pracovního okruhu stroje	A	A	A	A
	Ovládání stroje z prostoru mimo kabinu	A	A	A	A
	Vstup na části stroje bez zajištění proti pádu	A	A	A	A
	Oprava stroje za chodu	A	A	A	A
	Zakázaná manipulace se strojem	A	A	A	A

Vysvětlivky: R_k — rypadlo na kolovém podvozku
R_p — rypadlo na pásovém podvozku
N_k — nakládač na kolovém podvozku
N_p — nakládač na pásovém podvozku

Pro kategorizaci obtěžujících a ohrožujících vlivů bylo použito rozboru zdrojů psychického a fyzického zatížení (viz tabulka 14) a analýzy činnosti, zejména metodického postupu podle projektu vyhledávání a vyhodnocování nehodových situací.

Použily se modifikované metody „Technika kritických událostí" a „Vzpomínání na události".

Byly identifikovány kritické události a jevy, které se vyskytují nebo se mohou vyskytovat při činnosti rypadel a nakládačů. Modifikace těchto metod spolu s metodou „Bodových odhadů" umožnila též matematické vyjádření četnosti a vzájemného poměru výskytu nežádoucích událostí, chybných jednání a poruch, včetně kategorizace jejich skutečných nebo předpokládaných následků.

Výsledky těchto prací umožnily zpracovat obtěžující a ohrožující vlivy do systematického přehledu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 15. Stanovené kategorie:
kategorie A je ohrožující faktor,
kategorie B je obtěžující faktor,
označení — faktor se nevyskytuje.

Rypadla a nakladače jsou pro tento účel rozděleny na rypadla a nakladače na kolovém a pásovém podvozku, přičemž ke strojům na kolovém podvozku byla zahrnuta též rypadla na traktorovém a automobilovém podvozku. Na univerzální rypadlo s nakládací lopatou se vztahují kategorie stanovené pro nakládače i rypadla.

Jednotlivé kategorie jsou pouze orientační. Nemohou zcela objektivně vyjádřit skutečný stav. Mnoho záleží na typech jednotlivých strojů a na převážně vykonávané práci, kdy často různé kombinace obtěžujících faktorů mohou způsobit ohrožení člověka. Kategorizace poslouží k postihnutí rozdílů mezi jednotlivými druhy strojů a umožní stanovit pořadí závažnosti řešení jednotlivých problémů. Obtěžující a ohrožující vlivy jsou kategorizovány nejen s ohledem na ohrožení řidičů mobilních prostředků, ale i dalších osob.

Mezi mobilní stroje náleží i řada dalších, u nichž bylo provedeno inženýrskopsychologické hodnocení systému. Jsou to např. mostové a věžové jeřáby (Kyznar, 1975) a vidlicové zdvižné vozíky (Ergonomische, 1979).

XIV. Přílohy

Příloha 1
Přehled klasifikace oblasti inženýrské psychologie a příbuzných oborů (upraveno podle E. A.):

1.0.0 Oblast obecně, metody, přístroje a obecné údaje
1.1.0 Bibliografie a obecné údaje
1.2.0 Metody, projekty experimentální, postupy pro získání informace
1.3.0 Přístroje a vybavení používané v erg výzkumu

2.0.0 Systémy člověk a stroj
2.1.0 Bibliografie a obecné reference
2.2.0 Techniky projektu a zhodnocení systémů a operací
2.3.0 Výzkum a zhodnocení systémů

3.0.0 Zrakové vstupy a procesy
3.1.0 Bibliografie a obecné reference
3.2.0 Přirozené osvětlení
3.3.0 Umělé osvětlení
3.4.0 Osvětlení přístrojů
3.5.0 Radarová obrazovka a jiné katodové sdělovače
3.6.0 Televizní a filmové sdělovače
3.7.0 Obrazové a symbolové sdělovače
3.8.0 Indikátory a stupnice
3.9.0 Čitelnost číslic, písmen a jiných symbolů
3.10.0 Tištěné materiály
3.11.0 Kamufláž a utajení
3.12.0 Vidění a zraková kódování
3.13.0 Optické prostředky
3.14.0 Jiní činitelé ovlivňující zrakový výkon
3.15.0. Základní vizuální data ve vztahu k projekci a k použití přístrojů
3.16.0 Prostředky a metody pro základní a aplikované problémy vidění

4.0.0 Sluchové vstupy a procesy včetně řečových projevů srozumitelnosti
4.1.0 Bibliografie a obecné reference
4.2.0 Hluk prostředí
4.3.0 Vlivy zvukových komponent zařízení

4.4.0 Hodnocení specifických systémů řečové komunikace
4.5.0 Hodnocení specifických systémů neverbálních sluchových sdělovačů
4.6.0 Charakteristiky sluchových signálů ve vztahu ke kódování
4.7.0 Speciální sluchové návyky
4.8.0 Základní data o tvoření a vnímání řeči
4.9.0 Základní data ve slyšení

5.0.0 Jiné smyslové vstupy a procesy
5.1.0 Hmat
5.2.0 Citlivost k teplotě
5.3.0 Citlivost k bolesti
5.4.0 Čich a chuť
5.5.0 Kinesteze
5.6.0 Vestibulární funkce
5.7.0 Vnímání času

6.0.0 Vstupní kanály: volba a interakce
6.1.0 Bibliografie a obecné reference
6.2.0 Srovnání vstupních kanálů
6.3.0 Mezisenzorické efekty

7.0.0 Tělesné rozměry, základní fyziologické možnosti, základní a komplexní motorická činnost
7.1.0 Bibliografie a obecné reference
7.2.0 Antropometrická měření
7.3.0 Tělesná mechanika
7.4.0 Přístroje a metody používané v ergonomickém výzkumu antropometrickém a tělesné mechaniky
7.5.0 Základní fyziologické možnosti
7.6.0 Základní psychomotorická činnost
7.7.0 Komplexní motorická činnost

8.0.0 Konstrukce ovládačů a integrace se sdělovači
8.1.0 Bibliografie a obecné reference
8.2.0 Standardizace a integrace ovládačů a jejich sdělovačů
8.3.0 Druhy ovládačů
8.4.0 Kódování ovládačů
8.5.0 Poloha a uspořádání operací s ovládači ve vztahu k operátorovi
8.6.0 Speciální pozorování ve vztahu k prodlouženému přizpůsobování
8.7.0 Dynamika sdělovač-ovládač

9.0.0 Uspořádání panelů a pultů ve velínech
9.1.0 Bibliografie a obecná reference
9.2.0 Standardizace a integrace panelů a pultů
9.3.0 Umístění panelů ve vztahu k operátorovi a úloze
9.4.0 Seskupení komponent na panelech a pultech
9.5.0 Specifická orientace částí

10.0.0 Projekce pracovního prostoru, přístrojů, vybavení a zařízení
10.1.0 Bibliografie a obecné reference
10.2.0 Návrhy pracovního místa
10.3.0 Specifikace zařízení

10.4.0 Chodby, vstupy, východy
10.5.0 Nástroje
10.6.0 Návrhy pro úlohy komplexní motorické koordinace a zvláštní polohy těla
10.7.0 Návrhy podpůrné
10.8.0 Návrhy pro přenosnost v projekci zařízení
10.9.0 Návrhy pro bezpečnost
10.10.0 Rozvoj a zhodnocení specifických pracovních míst a vybavení neuvedené výše

11.0.0 Oblečení a osobní vybavení
11.1.0 Bibliografie a obecné reference
11.2.0 Oblekové soupravy
11.3.0 Oblekové komponenty
11.4.0 Oblekové míry
11.5.0 Osobní vybavení
11.6.0 Vlivy kombinací oblečení a osobního vybavení
11.7.0 Chrániče
11.8.0 Vybavení a přístroje používané především pro výzkum obleků a osobního vybavení

12.0.0 Speciální faktory prostředí ovlivňující výkonnost
12.1.0 Bibliografie a obecné reference
12.2.0 Teplota
12.3.0 Toxické vlivy
12.4.0 Pohyb
12.5.0 Výška a hloubka
12.6.0 Jaderné a kosmické záření
12.7.0 Kosmické lety
12.8.0 Senzorická deprivace
12.9.0 Speciální vybavení a metody používané při výzkumu vlivů spec. prostředí na výkonnost

13.0.0 Individuální faktory, pracovní podmínky a charakteristiky úloh, jež ovlivňují výkonnost
13.1.0 Bibliografie a obecné reference
13.2.0 Faktory týkající se jednotlivce
13.3.0 Interakce mezi individuálními faktory a pracovními faktory
13.4.0 Práce, odpočinek a výkonnost
13.5.0 Vlivy fyziologických faktorů na činnost

14.0.0 Výcvikové pomůcky a prostředky a jejich použití
14.1.0 Bibliografie a obecné reference a obsažné zprávy týkající se různých aspektů výcvikových pomůcek a prostředků
14.2.0 Metody, problémy a principy projekce a zhodnocení výcvikových pomůcek a prostředků
14.3.0 Typy (druhy) výcvikových pomůcek a prostředků
14.4.0 Specifické zhodnocení výcvikových programů
14.5.0 Typy výcviku a výcvikových programů
14.6.0 Úloha a výcvik instruktorů
14.7.0 Základní data o učení

15.0.0 Jiné oblasti psychologického výzkumu
15.1.0 Poradenská psychologie ve vztahu k inženýrské psychologii
15.2.0 Sociální psychologie ve vztahu k inženýrské psychologii

Příloha 2

Základní charakteristiky smyslového vnímání (Sheridan, Ferrell, 1974)

Základní atributy (energie druhu podnětu)	Vidění (elektromagnetické záření)	Slyšení (mechanické vibrace)	Dotyk (mechanický tlak)
Struktura shromáždit, soustředit a filtrovat	přizpůsobitelné čočky a sítnice	membrány, kostní vedení, tekutinou vnitřního ucha	hmatová tělíska
energetický převodník	tyčinky a čípky	basilární membrána, senzorické buňky	volná a specifická nervová zakončení
mechanické přizpůsobení	velikost zornice, pohyby očí a očních víček	pohyby hlavy	pohyby ruky
neuro-chemická adaptace	zlomek sekundy při náhlém vzestupu intenzity světla, dvacet minut při náhlém poklesu intenzity světla	relativně malá adaptace	několik sekund při nevibrujícím působení
Velikost podnětu vnímatelné minimum	3×10^{-10} erg	10^{-9} erg/cm² nebo 2×10^{-4} dyn/cm² akustického tlaku	3×10^{-2} erg nebo $2{,}5 \times 10^{-4}$ mm amplitudy vibrace v pásmu 200—300 Hz
maximum tolerance (bolest, poškození)	10^9 minima energie (přímý pohled do slunce)	10^{13} minima energie (4,5 m od motoru tryskového letadla)	10^2 minima energie
relativní rozlišení rozdílu	570 „zjistitelných rozdílů“	325 „zjistitelných rozdílů“ při střední frekvenci	15 „zjistitelných rozdílů“ v pásmu 200—300 Hz
absolutní rozpoznání	5—7 rozdílů na stupnici šedi	5—7 rozdílů v pásmu 1000 až 2000 Hz	5—7 rozdílů v pásmu 200—300 Hz v nejcitlivějších oblastech (jazyk - špička prstu)

Základní atributy (energie druhu podnětu)	Vidění (elektromagnetické záření)	Slyšení (mechanické vibrace)	Dotyk (mechanický tlak)
Frekvence podnětu rozsah	délka vlny 300—1500 mili-mikronů	20—20 000 Hz	0—10 000 Hz
relativní rozlišení rozdílů	128 „zjistitelných rozdílů“	1800 „zjistitelných rozdílů“ při 60 dB	200 „zjistitelných rozdílů“
absolutní rozpoznání	12—13 odstínů	5—9 pro většinu lidí a 80 pro cvičené osoby (perfektní určení výšky tónu)	závisí na oblasti kůže a druhu stimulace
časové rozlišení následných podnětů (následné kmity)	20—50 milisekund v závislosti na intenzitě	2—3 milisekundy v závislosti na intenzitě	10—50 milisekund v závislosti na intenzitě
prostorové rozlišení	minuta arc na fovei s dobrým jasem a kontrastem při 0,01 minutě arc se rozliší černá linka na jasném pozadí	několik stupňů ve střední rovině pro binaurální lokalizaci	1,5 mm dvoubodového prahu v nejcitlivějších oblastech kůže

Příloha 3

Kontrolní list pro stacionární stroje a technická zařízení (Matoušek, 1979 aj.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Typové označení stroje Výrobce stroje Charakteristika funkce stroje Prostředí, v němž je nebo bude stroj používán Hodnotitel Datum	Příprava stroje	Zásobování stroje	Spouštění a zastavení stroje	Kontrola chodu stroje	Úprava a kontrola zpracovávaného předmětu	Výstup ze stroje	Odstraňování odpadu, vedlejší produkty	Čištění a údržba stroje	Opravy běžné a generální

A Pracovní místo

1 přístupnost z hlediska tělesných rozměrů									
2 základní pracovní poloha (pracovní sedadlo)									
3 manipulační rovina									
4 pohybový prostor pro horní končetiny									
5 prostor pro dolní končetiny									
6 prostor pro umístění nožních ovladáčů									

B Pracovní předmět a části stroje (kromě ovládačů)

1 hmotnost									
2 tvar									
3 frekvence pohybů při manipulaci									
4 riziko poškození									

C Zdroje přímých informací

1 viditelnost									
2 rozlišitelnost									

D Zdroje zprostředkovaných informací (sdělovače)

1 vybavenost z hlediska potřebných informací									
2 vhodnost typu									
3 viditelnost a čitelnost zrakových sdělovačů									
4 slyšitelnost a rozlišitelnost sluchových sdělovačů									

E Ovládače

1 vhodnost typu									
2 rozlišitelnost									
3 síla, odpor, zdvih									
4 povrchová teplota úchopových částí									
5 vztahy mezi pohybem ovládačů a výsledných akcí									

F Vztahy mezi sdělovači a ovládači

1 celkové uspořádání									
2 mimořádné stavy									

G Pracovní prostředí ovlivněné strojem

1 hluk — ultrazvuk									
2 vibrace									
3 mikroklima									
4 pracovní ovzduší — látky obtěžující — inertní									
5 pracovní ovzduší — látky zdraví škodlivé									
6 ionizující záření									
7 elektromagnetické záření									

H Povrch a tvarování stroje

1 povrchová teplota stěn stroje									
2 barevná úprava stroje									
3 tvarování z hlediska funkčního, estetického a bezpečnostního									

I Vybavenost stroje

1 nástroje, přípravky, pomůcky apod.									
2 mechanizační zařízení pro transport břemen o velké hmotnosti									

Příloha 4

Kontrolní list pro dozorny pro řízení technologických procesů (řídící centra)
(Matoušek aj., 1979)

Podnik, závod, provoz:

Označení dozorny (řídícího centra):

Hodnotitel: Datum:

		a	b
A	Stavební umístění (a) hlavního a (b) vedlejšího pracoviště operátora		
1	Situování		
1.1	vzhledem ke komunikačnímu propojení s řízenou soustavou		
1.2	vzhledem k transportním trasám		
1.3	vzhledem k vnějším nepříznivým vlivům (tepelná zátěž, hluk atd.)		
2	Dispozice		
2.1	velikost prostorů ve vztahu k počtu osob a technických zařízení		
2.2	umístění v podlaží		
2.3	výhled		

B	Stavební řešení hlavního pracoviště operátora	
1	Podlaha	
1.1	tepelná a zvuková izolace	
1.2	chvění a vibrace	
1.3	povrch (klouzavost), čistitelnost, elektroizolace atd.	
2	Strop a stěny	
2.1	tepelná a zvuková izolace	
2.2	povrchová úprava	
3	Dveře	
3.1	počet vstupů	
3.2	tepelná a zvuková izolace	

3.3 prachotěsnost	
3.4 směr otvírání, umístění klik	
4 Okna	
4.1 tepelná a zvuková izolace	
4.2 prachotěsnost	
4.3 osvětlení	

C Vybavení a uspořádání hlavního pracoviště operátora

1 Řídící prostor	
1.1 Prostorové řešení (snadnost orientace, přístup k zařízením)	
1.2 Uspořádání řídicích pultů a ostatních zařízení z hlediska viditelnosti	
1.3 Základní pracovní poloha	
1.4 Pracovní sedadlo (křeslo)	
1.5 Manipulační (pracovní) rovina	
1.6 Pohybový prostor pro horní končetiny	
1.7 Prostor pro dolní končetiny	
1.8 Zdroje přímých informací	
1.9 Rozmístění komunikačních prostředků	
1.10 Rozmístění sdělovačů a ovládačů se zřetelem k jejich vzájemným vazbám	
2 Sdělovače	
2.1 Vhodnost typů (zrakových a sluchových sdělovačů)	
2.2 Viditelnost a čitelnost zrakových sdělovačů	
2.3 Slyšitelnost a rozlišitelnost sluchových sdělovačů	
2.4 Integrované sdělovače a provozní schémata	
3 Ovládače	
3.1 Vhodnost typů	
3.2 Rozlišitelnost umístění	
3.3 Síla, odpor a zdvih	

D Pracovní prostředí

1 Vytápění a větrání

2 Prašnost

3 Koncentrace škodlivin

4 Hluk

5 Mechanické kmitání a chvění

6 Osvětlení

6.1 hlavního pracoviště operátora

6.2 ostatních prostor

7 Barevné řešení

7.1 řídícího prostoru (interiér)

7.2 zařízení umístěného v řídícím prostoru

E Prostory hygienické a sociální

1 Záchod a umývárna

2 Ostatní prostory

F Pomocné prostory

1 Kabelový prostor (výška, šířka uliček)

2 Počítač (umístění)

3 Prostory údržby, skladů, strojovny

4 Prostor pro pochůzkovou službu

G Údržba, opravy

1 Přístupnost k vnitřním částem technických zařízení (pracovní poloha)

2 Osvětlení vnitřních částí technických zařízení

3 Vyměnitelnost vnitřních částí technických zařízení

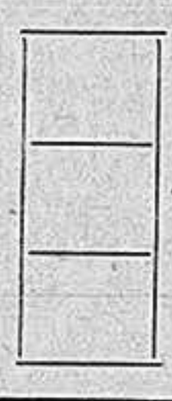
4 Orientace v kabelových spojích

H Technická dokumentace

1 Pro montáž a revize

2 Provozní předpisy pro běžné a mimořádné podmínky

3 Postupy pro vyhledávání příčin poruch



Literatura

Adamovič, N. V.: Upravljajemosť mašin. Moskva, Mašinostrojenije 1977.

Adrianova, V. E.: Dejatel'nosť čeloveka v sistemach upravlenija. Leningrad, Izd. Leningradskogo univerziteta 1974.

Achutin, V. M.: Poetapnoje modelirovanie i sintez adaptivnych biotechničeskich i ergatičeskich system. In Lomov, B. F. aj. 1977, s. 149—180.

Ananjev, B. G., Lomov, B. F. (Eds.): Problemy obščej i inženernoj psichologii. Leningrad, Izd. Leningradskogo universiteta 1964.

Anochin, P. K., Rubachin, V. F. (Eds.): Problemy prinjatija rešenij. Moskva, Nauka 1976.

Bainbridge, L.: Analysis of verbal protocols from a process control task. In Edwards, E., Lees, F. P. (Eds.) 1974, s. 146—158.

Becker, O.: Racionalita a rizikové rozhodování v řízení činnosti. Praha, Svoboda 1978.

Bena, E., Hoskovec, J., Štikar, J.: Psychologie a fyziologie řidiče. Praha, NADAS 1968, 2. vyd.

Beneš, J.: Teorie systémů. Praha, Akademia 1974.

Benešová, V.: Zhodnocení výsledků psychologického vyšetření programátorů (Interní zpráva). Praha, INORGA 1971.

Beregovoj, G. T., Zavalova, N. D., Lomov, B. F., Ponomarenko, V. A.: Eksperimental'no-psichologičeskije issledovanija v aviacii i kosmonavtike. Moskva, Izd. Nauka 1978.

Bertalanffy, L. von: Obecná teorie systému — kritický přehled. In Texty ke studiu teorie řízení. Praha 1966, s. 83—143.

Bogdanovič, L. B., Bur'jan, V. A., Rautman, F. I.: Chudožestvennoje konstruirovanije v mašinostrojeniji. Kijev, Technika 1976, 2. vyd.

Bondarovskaja, V. M.: Nekotoryje aspekty psichologičeskogo analiza dejatel'nosti programmista. In Očerki psichologii truda operatora. Milerjan, E. M.(Ed.), Moskva, Nauka 1974.

Brabec, V. a kol.: Ergonomické řešení technických prvků mobilních pracovních prostředků, Etapové zprávy úkolu P 16—349, 1976—1980. Praha, Výzkumný ústav bezpečnosti práce 1980.

Brichcín, M.: Teoretické a metodologické problémy výzkumů průběhu volních pohybů. Praha, Karlova univerzita 1966.

Brichcín, M., Mantlíková, H.: Rychlost zpracování informací vytištěných odlišnými výstupními systémy samočinných počítačů. Psychologie v ekonomické praxi 1973, 8, s. 73—90.

Brušlinskij, A. V.: Psichologija myšlenija i kibernetika. Moskva, Mysl 1970.

Bureš, Z.: Tvorba technicko-organizačních systémů s lidským činitelem. Výzkumná zpráva EGÚ č. 05 13 06 04. Praha, Výzkumný ústav energetický 1974.
Bureš, Z.: Psychologické aspekty technické spolehlivosti. Psychologie v ekonomické praxi 1980, 15, 1, s. 10—25.
Bureš, Z.: Psychologie práce a její užití. Praha, Práce 1982, 3. vydání.
Cahill, M. C.: Interpretability of graphic symbols as a function of context and experience factors. J. appl. psychol. 1975, 60, s. 376—380.
Cakir, A., Hart, D. J., Stewart, T. F. M.: Visual display terminals. N. Y. Wiley 1980.
Calabro, S. R.: Základy spolehlivosti a jejich užití v praxi. Praha, SNTL 1965.
Carmichael, L., Dearborn, W. F.: Reading and visual displays. Cambridge, Massachussets, Houghton Mifflin Co. 1947.
Case, K., Porter, M.: System for aiding man-machine interaction evaluation. A computer-aided ergonomics design system. Engineering 1980, January, s. 21—25.
Cristian, G.: Decizia in sistemul complex om-automat. Bucuresti, Ed. Academiei R. S. R. 1972.
Cristianová, G.: Príspevky k typológii komplexných systémov pri operačných činnostiach. In Daniel, J. (Ed.): Psychologická analýza činnosti operátora. Bratislava, Veda 1975, s. 81—86.
Crossman, E.: Automation and skill. London 1960.
Curry, R. E., Gai, E. G.: Delection of random process failures by human monitors. In Sheridan, T. B., Johansen, G.: Monitoring behavior and supervisory control. New York, Plenum Press 1976, s. 205—220.
Cymbal, V. P.: Teorija informaciji i kodirovanije. Kijev, Vyšča škola (2. uprav. a doplněné vyd.).
Čačko, A. G.: Čelovek za pul'tom. Moskva, Sovetskaja Rossija 1974.
Čačko, A. G.: Proizvodstvo-jazyk-čelovek. Problemy otobraženija informaciji. Moskva, Energija 1977.
Čermák, K.: Matematické modelování kritických elementů činností ve složitých technických systémech. Praha, Výzkumný ústav energetický 1974.
Daniel, J. (Ed.): Psychologická analýza činnosti operátora. Bratislava, Veda 1975.
Daniel, J.: Effect of repetition of experiment on the parametres of psychic and physical load. Stud. psychol. 1977, 19, 4, s. 287—300.
Davies, D. R., Tune, G. S.: Human vigilance performance. London, Staples Press 1970.
De Green, K. B.: Systems psychology. New York, McGraw-Hill 1970.
Denisov, V. G., Oniščenko, V. F.: Inženernaja psichologija v aviaciji i kosmonavtike. Moskva, Mašinostrojenije 1972.
Dickman, R. A.: Personell implications for business data processing. New York, Wiley 1971.
Dmitrijeva, M. A., Krylov, A. A., Naftulev, A. I.: Psichologija truda i inženernaja psichologija. Leningrad, Izd. Leningr. univ. 1979.
Dobrolenskij, Ju. P., Zavalova, N. D., Ponomarenko, V. A., Tuvajev, V. A.: Metody inženerno-psichologičeskich issledovanij v aviacii. Moskva, Mašinostrojenije 1975.
Dráb, Z.: Úvod do systémového inženýrství. Praha, SNTL 1973.
Dráb, Z.: Systémové inženýrství. Praha, Svoboda 1981.
Dubrovskij, A. Ch., Ionas, S. A.: Projektirovanije ščitov i pul'tov sistem avtomatizacii. Moskva, Energija 1975.
Duganov, G. V.: Ergonomika, laboratornyje raboty. Kijev, Vyšča škola 1976.
Edwards, E., Lees F. P. (Eds): The human operator in process control. London, Taylor and Francis Ltd. 1974.

Edwards, W.: Dinamičeskaja teorija rešenii i verojatnostnaja obrabotka informacii. In Inženernaja psichologija. Moskva, 1964.
El'kin, D. G.: Inženernaja psichologija. Kijev, Vyšča škola 1975.
Ene, P.: Kognitívny model a činnosť operátorov pri riešení porúch. In Daniel, J. aj. 1975, s. 87—98.
Ergonomia. Zagadnienia przystosowania pracy do człowieka. Warszawa, Książka i Wiedza 1974.
Ergonomische und sicherheitstechnische Gestaltung von Gabelstaplern. Dortmund 1979.
Ezr, O.: Ergonomie a možnosti jejího uplatnění v železniční dopravě. Praha, NADAS 1973.
Faverge, J., Leplat, J., Guiguet, B.: L'adaptation de la machine a l'homme. Paris, Presses Universitaires de France 1958.
Fitts, P. M.: Engineering psychology. In Koch, S. (Ed.): Psychology. A study of a science, Vol. 5. New York, McGraw Hill 1963, s. 908—933.
Fogel, L. J.: Biotechnology: concepts and applications. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, Inc. 1963.
Fogel, L. J.: Intelektual'nyje urovni rešenij. In Panov, D. Ju., Zinčenko, V. P. (Eds.): Inženernaja psichologija. Moskva, Progress 1964, s. 131—160.
Fostier, M. (Ed.): Toute la profession de l'informatique. Paris, Editions Tests 1971.
Franus, E.: Niezawodność człowieka jako kryterium dostosowania maszyny i warunków pracy. Kraków, IOS 1975.
Franus, E.: Model niezawodnośći człowieka i jego znaczenie dla ergonomii. Przegląd psychologiczny 1977, 20, s. 35—47.
Gagné, R. M. (Ed.): Psychological principles in system development. N. Y., Holt 1966.
Galaktionov, A. I.: Osnovy inženerno-psichologičeskogo projektirovanija ASU TP. Moskva, Izdat. Energija 1978.
Gesler, V. M.: Osnovy techničeskoj estetiki i ergonomiki. Uč. posobie. Kalinin, Kalininskij politechn. institut, Kafedra chim. mašinostr. 1974.
Goldmann, T.: Psychologické aspekty konstrukce automobilů. Žilina, FPED VŠD 1973.
Gluškov, V. M.: Vvedenije v ASU. Kyjev, Izd. Technika 1972.
Gluškov, V. M. aj.: Čelovek i vyčislitel'naja technika. Kijev, Naukovaja dumka 1971.
Gluškov, V. M., Timofejev, B. B.: Psichologičeskoje issledovanije jazykov dialoga „čelovek-CVM". In Inženernaja psichologija. Moskva, Nauka 1977, s. 251—258.
Gradinarov, N., Trendafilov, A., Rizova, I. A. aj.: Naručnik po ergonomija. Sofia, Technika 1973.
Grover, D. (Ed.): Visual display units. Surrey, IPC Science and Technology Press Ltd. 1976.
Guérin, F., Jankovsky, F.: Psychophysiological analysis of the activities of VDU operators in the newspaper industry. In Mackay, C., Cox, T. (Eds.): Response to stress, occupational aspects. East Kilbride, Thomson Litho Ltd. 1979, s. 25—51.
Guščin, Ju. F., Piskoppel', A. A., Ščedrovickij, L. P.: Novyj etap razvitija inženernoj psichologii. Vopr. psichol. 1979, No 5, s. 7—105.
Hacker, W.: Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie. Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1973.
Hacker, W. a kol. (Ed.): Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1976.
Hacker, W., Raum, H. (Eds.): Optimierung von kognitiven Arbeitsanforderungen. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1980.
Hacker, W., Richter, P.: Spezielle Arbeits- und Ingenieurpsychologie 1. u. 2. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1980.

Hagihara, H., Aramaki, S., Nagasawa, Y.: Study on team performance of controlling YS — 11 aircraft, Reports of Aeromedical Laboratory. Tokyo, Japan 1975, 16, 1, s. 1—10.

Halada, M.: Systémové inženýrství. Praha, Nadas 1980, 2. vyd.

Hammerton, M.: Measures for the efficiency of simulators as training devices. Ergonomics 1967, 10, 1, s. 63—65.

Hettinger, Th., Kaminsky, G., Schmale, H.: Ergonomie am Arbeitsplatz: Daten zur menschgerechten Gestaltung der Arbeit. Ludwigshafen (Rhein), Kiehl 1976.

Hladký, A., Matoušek, O.: Problém zátěže v průmyslové psychologii. Psychologie v ekonomické praxi 1970, 5, s. 119—131.

Hladký, A., Matoušek, O.: Psychologická kritéria výběru pracovníků ve výpočetním středisku ČKD Praha. Sborník výpočetní techniky, ČKD Praha 1971, s. 26—38.

Hladký, A., Matoušek, O., Zastávka, Z.: Analýza práce metodou algoritmizace. In Daniel, J.: Psychologická analýza činnosti operátora. Bratislava, Veda 1975, s. 151 až 154.

Hoskovec, J., Hromasová, Z., Novák, J., Štikar, J.: Experimentální výzkum optimálního uspořádání palubní desky dopravního letadla pro realizaci přistávání za ztížených meteorologických podmínek. Psychol. v ekonom. praxi 1971, 6, 3—4, s. 168—175.

Hoskovec, J., Novák, J., Štikar, J.: Činnost pilota z hlediska jeho zátěže při přistávání za snížené viditelnosti. Psychol. v ekonom. praxi 1969, 4, s. 11—27.

Hoskovec, J., Pour, J., Štikar, J.: Trenažéry. Praha, Naše vojsko 1976.

Hoskovec, J., Štikar, J.: Teorie nehod a metody psychologické prevence. Praha, Univerzita Karlova 1976.

Hoskovec, J., Štikar, J.: Modelování a pracovní dovednosti. Praha, Karlova univerzita 1977.

Hoskovec, J., Štikar, J.: Bezpečnost motorových vozidel z hlediska ergonomických kritérií designu. Praha, Československé automobilové závody 1978, s. 51—64.

Hoskovec, J., Štikar, J.: Měření očních pohybů. Pracov. lék. 1979, 31, s. 147—150.

Hunt, D. P., Howell, W. C., Roscoe, S. N.: Educational programs for engineering psychologist: that depends a good deal on where you want to get to. Human Factors 1972, 14, 1, s. 77—81.

Hyhlík, F., Nakonečný, M.: Malá encyklopedie současné psychologie. Praha, SPN 1973.

Chalupa, B.: Základy psychologie práce. Brno, Fruta, n. p., 1973.

Chapanis, A.: Theory and methods for analysing errors in man-machine systems. Annals of the New York Academy of Sciences 1951, Vol. 51, s. 1179—1209.

Chapanis, A.: Research techniques in human engineering. Baltimore, The Johns Hopkins Press 1959.

Chapanis, A.: Engineering psychology. Annual review of psychology 1963, 14, s. 285 až 318.

Chapanis, A.: Man-machine engineering. London, Tavistock Publications 1965.

Chmelař, V.: Vztah mezi trváním aktivní optické a akustické pozornosti u týchž jedinců. III. sjezd československých psychologů, Bratislava 1.—3. července 1968.

Chrunov, E. V., Chačatur'janc, L. S., Popov, V. A., Ivanov, E. A.: Čelovek — operator v kosmičeskom poljote. Maskva, Mašinostrojenije 1974.

Chundela, L., Buchta, F.: Laboratorní cvičení z ergonomie. Praha, ČVUT 1971.

Chundela, L. aj.: Bezpečnostní úroveň výrobku jako nedílná součást komplexního hodnocení. Praha, VÚBP 1974.

INORGA, Záverečné správy z úlohy P-04-121-201-03 „Ľudský faktor a otázky výchovy kádrov pri budovaní ASR". Košice 1976—1978.

Iosif, G.: Recherche sur la fonction de surveillance des tableaux de commande. Travail humain 1969, 1—2, s. 71—80.

Ivanov-Muromskij, K. A.: Psichofiziologija operatora v sistemach čelovek-mašina. Kijev, Naukova Dumka 1980.
Janoušek, J.: Sociální komunikace. Praha, Svoboda 1968.
Jeník, P.: Ovládače. Hmatníky ovládačů. Pracovní pohyby a ovládací síly. Pracovní sedadla. Pracovní stoly. Pracovní prostor. Technický obraz lidské postavy. Praha, VÚBP, Tematické pomůcky 1965—1969.
Jethon, Z., Klonowicz, S.: Operatorzy. Warszawa, Institut Vydawniczy CRZZ 1975.
Johannsen, G.: Überwachungs- und Entscheidungsverhalten des Menschen in Mensch--Maschine-Systemen. Wachtberg-Werthoven, Forschungsinstitut für Anthropotechnik, Bericht Nr. 44, Mai 1979.
Johannsen, G.: Manuelle Regelung in Mensch-Maschine-Systemen. Wachtberg-Werthhoven, Forschungsinstitut für Anthropotechnik, Bericht Nr. 45, Juli 1980.
Jones, J. Ch.: Design methods. London, John Wiley & Sons Ltd. 1972, ruský překlad Inženernoje i chudožestvennoje konstruirovanije. Moskva, Mir 1976.
Kantowitz, B. H.: Interfacing human information processing and engineering psychology. In Howell W. C., Fleishman E. A. (Eds.): Human performance and productivity. Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum Assoc. 1981, Vol. 2, s. 31—81.
Khol, J.: Účinnost řídící práce. Praha, Svoboda 1977.
Khol, J.: Ústní sdělení. Praha 1981.
Kikolov, A. I.: Umstvenno-emocional'noje naprjaženije za pul'tom upravlenija. Moskva, Medicina 1967.
Kimmel, K. R.: Evaluation of information display in control and monitoring tasks, Monitoring behaviour and supervisory control. Symposium, 8.—12. 3. 76 Berchtesgaden, Plenum Press 1976.
Kinkade, R. G., Van Cott, H. P. (Eds.): Human engineering guide to equipment design. Washington D. C., U. S. Government Printing Office 1972.
Klix, F., Timpe, K. P. (Eds.): Arbeits- und Ingenieurpsychologie. Berlin, DVW 1979.
Koethe, H., Schubert, E.: Comparative studies of the legibility of light emitting numerals. IEE Conference Proceedings 1971, No. 80, s. 217—223.
Kostjuk, V. I., Chodakov, V. Je.: Sistemy otobraženija informacii i inženernaja psichologija. Kijev, Vyšča škola 1977.
Kotik, M. A.: Kurs inženernoj psichologii. Tallin, Valgus 1978, 2. vyd.
Kováč, D.: K integrácii v psychologii. Bratislava, Psychodiagnostické a didaktické testy, n. p., 1975.
Krain, M.: Communication as a process of dyadic organization and development. J. of Communication 1973, 23, s. 392—408.
Kraiss, K. F., Moraal, J. (Eds.): Introduction to human engineering. Köln, Verlag TÜV Rheinland GmbH 1976.
Král, J.: Psychologické aspekty pracovní zátěže v lodní dopravě. Praha, FFUK, dipl. práce, 1979.
Kruliš, J.: Analýza řídících činností z hlediska inženýrské psychologie. Praha, FFUK, rigorózní práce, 1979.
Krylov, A. A.: Čelovek v avtomatizirovannych sistemach upravlenija. Leningrad, Izd. Leningr. univ. 1972.
Krylov, A. A. (Ed.): Metodologija issledovanij po inženernoj psichologii i psichologii truda, díl 1. Leningrad, Izd. Leningradskogo universiteta 1974.
Krylov, A. A. (Ed.): Metodologija issledovanij po inženernoj psichologii i psichologiji truda, díl 2. Leningrad, Izd. Leningradskogo universiteta 1975.
Krylov, A. A., Ganzen, V. A.: Praktikum po inženernoj psichologii. Leningrad, Izd. Len. Univ. 1978.

Krylov, V. Ju.: Modelirovanije v inženernoj psichologii. In Lomov, B. F. a kol. 1977, s. 218—230.
Křivohlavý, J.: Přístrojové desky, panely, velíny. Bratislava, Dom techniky, ČSVT 1960 a.
Křivohlavý, J.: Rozlišitelnost ovládačů. Českosl. hygiena 1960 b, 5, s. 364—373.
Křivohlavý, J.: Volba sdělovačů složitých strojů. Českosl. hygiena, 1960, c, 5, s. 374—385.
Křivohlavý, J.: Bezpečnost práce při přechodu od mechanizace k automatizaci. Praha, VÚBP 1964, Tematická pomůcka č. 18.
Křivohlavý, J.: Bezpečnost a pohodlí karosérie. Praha, VÚSTE, skriptum 1966.
Křivohlavý, J.: Systémové inženýrství, inženýrská psychologie a psychologie práce. Psychol. v ekonom. praxi 1968, 3, s. 5—12.
Křivohlavý, J.: Člověk a stroj. Praha, Práce 1970.
Křivohlavý, J.: Metodika experimentálních her. Praha, SPN 1971.
Křivohlavý, J.: Zwischenmenschliche Konflikte und experimentelle Spiele. Bern, Hans Huber 1974.
Kulka, H.: Ergonomie — wofür?: Ein neues Wissenschaftsgebiet im Wirkungsfeld zwischen Mensch und Technik. Leipzig, Fachbuchverlag 1980.
Kyznar, J.: Vnitrozávodová doprava z hlediska psychologie. Praha, FFUK, diplomová práce 1975.
Laville, A.: L'ergonomie. Paris, Presses Univ. France 1976.
Lees, F. P.: Research on the process operator. In Edwards, E. and Lees, F. (Eds.): The human operator in process control. London, Taylor and Francis Ltd. 1974, s. 386 až 445.
Leontjev, A. N., Zinčenko, V. P., Panov, D. Ju. (Eds.): Inženernaja psichologija. Moskva, Izd. MGU 1964.
Leplat, J., Bisseret, A.: L'analyse des processus de traitement de l'information chez le controleur de la navigation aérienne. Bull. du C.E.R.P. 1965, 1—2, s. 51—67.
Leplat, J., Cuny, X.: Introduction à la psychologie du travail. Paris, Presses Univ. de France 1977.
Levin, E. V.: Psichofiziologičeskije obosnovanija trebovanij k zvukovoj signalizacii na pul'tach upravlenija. Vopr. psichol. 1975, No. 4, 127—129.
Licklider, J. C. R.: Man-computer symbiosis. IRE Trans. on human factors in electronics, HFE 1960, s. 4—11.
Lomov, B. F.: Čelovek i technika. Leningrad, Izd. Len. univ. 1963.
Lomov, B. F.: Čelovek i technika. Moskva, Sovetskoje radio 1966 a.
Lomov, B. F. (Ed.): Problemy inženernoj psichologiji. Leningrad, Akademija nauk 1966 b, překlad do slovenštiny Problémy inžinierskej psychológie. Bratislava, Práca 1971.
Lomov, B. F.: O sistemnom podchode v psichologii. Voprosy psichologii 1975, 2, s. 31 až 45, český překlad Systémový přístup v psychologii. Společenské vědy v SSSR 1975, 4, s. 543—556.
Lomov, B. F. (Ed.): Osnovy inženernoj psichologii. Moskva, Vysšaja škola 1977.
Lomov, B. F., Rubachin, V. F., Venda, V. F. (Eds.): Inženernaja psichologija. Moskva, Nauka 1977.
Lomov, B. F., Vasiljev, A. A., Oficerov, V. V., Rubachin, V. F. (Eds.): Vojennaja inženernaja psichologija. Moskva, Vojenizdat 1970, český překlad Vojenská inženýrská psychologie. Praha, Naše vojsko 1973.
Lučkov, V. V.: K istorii stanovlenija meždisciplinarnych svjazej inženernoj psichologii. Vopr. psichol. 1979, 2, s. 156—163.
Machol, R. F.: System engineering handbook. New York, McGraw Hill 1965.
Martin, J. N. T.: Design of man-computer dialogues. Prentice-Hall, Englewood Cliffs 1973.

Maršálová, L.: Metodologické základy psychologického výzkumu. Bratislava, Psychodiagnostické a didaktické testy 1976.
Mateiciuc, A.: Výzkum náročnosti práce a psychické zátěže operátorů ve válcovně. Praha, FFUK, diplomová práce 1975.
Mateiciuc, A.: Profesiogram pracovníka centrálního řídícího stanoviště dolu. Ostrava, Výzkumný ústav ekonomiky paliv a energetiky 1981.
Matoušek, O.: Ergonomie. Učební text, Praha, Ústřední dopravní institut 1969.
Matoušek, O.: Kontrolní listy pro ergonomické hodnocení strojů. Bezpečná práca 1978, 9, s. 103—108.
Matoušek, O.: ABC ergonomie pro vedoucí pracovníky. Praha, IVVP MP ČSR 1979.
Matoušek, O., Břicháček, V.: Problémy vztahů člověk — stroj v automatizovaných soustavách. Sborník První celostátní konference systémového inženýrství, část I, Praha 1969, s. 211—233.
Matoušek, O., Růžička, J.: Psychologie práce. Praha, NPL 1965.
Matoušek, O., Růžička, J., Hladký, A.: Člověk a práce. Praha, Svoboda 1972.
Matoušek, O., Štikar, J.: K problému posuzování psychické zátěže při práci. Československá psychologie 1966, 10, 3, s. 256—267.
Matoušek, O., Zastávka, Z.: Metody rozboru a hodnocení systémů člověk — stroj. Praha, SNTL 1977.
Matoušek, O. aj.: Psychologické problémy na kritických místech nukleárních zařízení. Praha, Institut hygieny a epidemiologie 1973.
Matoušek, O. aj.: Mentální zátěž a metody jejího hodnocení u vybraných povolání výrobního a nevýrobního typu. Závěrečná zpráva úkolu P-17-335-01 EO1. Praha, Institut hygieny a epidemiologie 1979.
McCormick, E. J.: Human engineering. New York, McGraw Hill 1957, polský překlad Antropotechnika. Warszawa, Wydavnictwa naukowotechniczne 1964.
McCormick, E. J.: Human factors engineering. N. Y., McGraw Hill 1970.
Meister, D.: Human factors: Theory and practice. N. Y. 1971.
Meister, D.: Behavioral foundations of system development. New York, John Wiley and Sons 1976, ruský překlad Ergonomičeskije osnovy razrabotki složnych sistem. Moskva, MIR 1979.
Meister, D., Rabideau, G. F.: Human factors in system development. N. Y., Wiley 1965.
Mikšík, O.: Psychologie práce a řízení vojsk. Gosman, S. (Ed.): Sb. Sociologie a armáda. Praha, VPA KG 1965, s. 46—100.
Milan, M.: K otázce uspořádání písmen na psacích strojích. Českosl. psychol. 1957, 1, s. 272—280.
Miller, G. A.: The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychol. Rev. 1956, 53, s. 81—97.
Montmollin, M. de: Les systèmes hommes-machines. Paris, Presses Univ. de France 1967.
Morgan, C. T. a kol. (Ed.): Human engineering guide to equipment design. New York, McGraw-Hill, ruský překlad Inženernaja psichologija v primeneniji k projektirovaniju oborudovanija. Moskva, Mašinostrojenije 1971.
Moulin, M.: La selection des analystes programmeurs dans l'administration des postes et télécommunication. Psychol. Française 1970, 15, č. 3—4, s. 245—251.
Murrell, K.: Ergonomics. London, Chapman and Hall 1969.
Musilová, L.: Analýza podmínek a prostředků ke zlepšení příjmu zrakových informací. Experimentálně psychologická dopravní studie. Praha, FFPK, rigorózní práce, 1979.
Neumann, J., Timpe, K. P.: Arbeitsgestaltung. Psychophysiologische Probleme bei Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1970, ruský překlad Organizacija truda. Moskva, Ekonomika 1975.

Neumann, J., Timpe, K. P.: Psychologische Arbeitsgestaltung. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1976.
Nežmetdinov, T. K.: Prijem i obrabotka informacii v složnych informacionnych sistemach. Kazaň, Izd. Kazan. univerziteta 1978.
Nikiforov, G. S.: Problém spolehlivosti člověka-operátora v inženýrské psychologii. Psychol. v ekonom. praxi 1970, 5, s. 210—217.
Nikiforov, G. S.: Samokontrol' kak mechanizm nadežnosti čeloveka-operatora. Leningrad, Izd. Leningradskogo universiteta 1977.
Novák, J.: Inženýrská psychologie v civilním letectví, 1. díl: Systém člověk — stroj. Vizuální informace. Bratislava, Alfa 1970.
Oborne, D. J., Heath, T. O.: The role of social space requirements in ergonomics. Applied Ergonomics 1979, 10, 2, s. 99—103.
Ohashi, N., Morikiyo, Y.: Differences in human information processing for ship manoeuvring in the daytime and at night. J. Human Ergol. 1974, 3, s. 29—43.
Okóň, J., Paluszkiewicz, L.: Psychologia inżynieryjna. Warszawa, Państvowe Wydawnictvo Naukowe 1963.
Östberg, O.: Fatigue of VDU operators. Göteborg, Psychol. Reports 1974, 4, No. 19.
Ošanin, D. A.: Operativnyj obraz upravljajemogo objekta v sistemach „čelovek-avtomat". In XVIII Meždunarodnyj psichologičeskij kongress, Simpozium 27. Moskva 1966.
Ošanin, D. A. a kol.: Psichologija i technika. Moskva, Prosveščenije 1965.
Pace, R. W.: A model of serial communication. A paper presented at the Fall Meeting of the New Mexico Communication Association, Las Cruces, 6 November 1976.
Paleček, M.: Displejová pracoviště z hlediska hygieny práce. Bezpečnost a hygiena práce 1981, 8, s. 230—232.
Paleček, M., Kudrnovský, F., Věk, V.: O jednom přístupu ke koncipování funkčního modelu operátora při projektování systémů „člověk — stroj". Bezpečná práca 1980, 11, 4, s. 158—160.
Panov, D. Ju., Zinčenko, V. P.: Inženernaja psichologia. Moskva, Progress 1964.
Pirjov, G., Trifonov, T., Jordanov, D., Minkova, S.: Inženerna psichologija. Sofia, Profizdat 1973.
Piskoppel', A. A., Ščedrovickij, L. P.: Inženernaja psichologija ili ergonomika? Vopr. psichol. 1980, No. 3, s. 88—100.
Pitariu, H.: Data concerning psychological selection of analyst programmers. Studia psychol. 1974, 16, s. 76—81.
Pols, L. C. W.: Hearing, speech and auditory displays. In Kraiss, K. F. and Moraal, J.: Introduction to human engineering. Köln, Verlag TÜV 1976.
Psychologické problémy v priemyselnej výrobe (Sb.). Bratislava, SAV 1964.
Puškin, V. N.: Osobennosti i puti racionalizacii dispečerskich pul'tov upravlenija. Voprosy psichologii 1960, 6, s. 39—48.
Puškin, V. N.: Operativnoje myšlenije v bol'šich sistemach. Moskva, Energija 1965.
Puškin, V. N.: Modelirovanije poznavatel'nych processov. In Zarubežnyje issledovanija po psichologii poznanija. AN SSSR, Inst. nauč. informacii po obščestvennym naukam. Moskva 1977, s. 150—200.
Rouse, W. B.: Preface to Special Issue: Applications of control theory in human factors I. Human factors 1977, 19, s. 313—314.
Rubachin, V. F.: Techničeskij process i psichologičeskije problemy upravlenija. Vopr. psichol. 1973, 4, s. 3—16.
Rubachin, V. F.: Nekotoryje voprosy psichologii prinjatija rešenija. Studia psychol. 1974, 16, 2, s. 91—103.

Řiháček, V. a kol.: Sociálně psychologické problémy zavádění ASRP IRIS (Závěr. zpráva). Brno, INORGA 1975, 3 svazky.
Sadovskij, V. N.: Základy všeobecnej teórie systémov. Bratislava, Pravda 1979.
Safarjan, S. N. (Ed.): Voprosy inženernoj psichologiji v avtomatizirovannych sistemach upravlenija. Leningrad, Izd. Leningradskogo universiteta 1972.
Sanders, A. F.: Psychologie der Informationsverarbeitung. Bern, Huber 1971.
Sedlák, J.: Pracovní únava. Praha, Academia 1981.
Sereda, G. K. (Ed.): Inženernaja psichologija. Kijev, Vyšča škola 1976.
Shackel, B. (Ed.): Applied Ergonomics Handbook. Reprints from Applied Ergonomics, Vol. 1, s. 1—5, and Vol. 2, s. 1—3. Guildford, IPC Science and Technology Press 1974.
Sheridan, T. B., Ferrell, W. R.: Man-machine systems: Information, control and decisions models of human performance. Cambridge, MIT Press 1974.
Sheridan, T. B., Johannsen, G.: Monitoring behavior and supervisory control. New York, Plenum Press 1976.
Shneiderman, B.: Software psychology: Human factors in computer and information systems, Cambridge, Mass., Winthrop 1980.
Schindler, J.: Význam lidského činitele při zvyšování spolehlivosti dopravních prostředků. Praha, ČVTS 1977, s. 7—29.
Schubert, E.: Comparative studies of the readability of CRT generated displays. In SID 1975, Symposium digest of technical papers, s. 96—97.
Sidorov, O. A.: Fiziologičeskije faktory čeloveka opredeljajuščije komponovku posta upravlenija mašinoj. Moskva, Oborongiz 1962.
Siegel, A. I., Wolf, J. J.: Man-machine simulation models. New York, John Wiley and Sons, Inc, překlad do ruštiny: Modeli gruppovogo povedenija v sisteme čelovek-mašina s učetom psichosocial'nych i proizvodstvennych faktorov. Moskva, Mir 1973.
Simonenko, Ju. A.: Opyt inženerno-psichologičeskogo projektirovanija znakov dlja displejev. Vopr. Psichol. 1978, 1, s. 114—129.
Sinaiko, H. W.: Selected papers on human factors in the design and use of control systems. New York, Dover Publications, Inc 1961.
Sinclair, H. J.: Digital versus conventional clocks- a review. Appl. Ergonomics 1971, 2, 3, s. 171—177.
Singleton, W. T.: Man-Machine Systems. Harmondsworth, Penguin Books 1974.
Singleton, W. T., Easterby, R. S., Whitfield, D. C. (Eds.): The human operator in complex systems. London, Taylor and Francis Ltd., Red Lion Court 1967.
Słowikowski, J.: Proces projektovania ergonomicznego v budowie maszyn. Warszawa, Institut wzornictwa przemysłowego 1977.
Smirnov, B. A.: Inženernaja psichologija. Kijev, Vyšča škola 1979.
Smith, A. G.: The ethic of the relay men. In Thayer, L. (Ed.): Communication: Ethical and moral issues. London, Gordon and Breach Science Publishers 1973, s. 313—324.
Sperandio, J. C.: La psychologie en ergonomie. Paris, Presses Univ. de France 1980.
Stewart, T. F. M.: Computer terminal ergonomics. Stockholm, Statskontoret 1974.
Stixová, M.: Človek a automatizované systémy riadenia. Psychologie v ekonomické praxi 1978, 13, s. 15—22.
Stríženec, M.: Psychológia a kybernetika. Bratislava, SAV 1966.
Stríženec, M.: Systémové aspekty inžinierskej psychológie. Studia Psychologica 1969, 11, s. 169—183.
Stríženec, M.: Súčasné tendencie v inžinierskej psychológii. Bratislava, SAV 1971 a.
Stríženec M.: Dynamika procesu predpovedania u operátora v laboratórnej situácii. Čs. psychol. 1971 b, 15, s. 571—578.
Stríženec, M.: Človek a počítač. Bratislava, Veda 1978.

Stríženec, M.: Methodische Ansätze zur Erforschung des Mentalbildes bei dem Operateur. Studia psychol. 1978, 20, s. 63—66.
Stríženec, M.: Ľudské myslenie a umelá inteligencia. Čs. psychol. 1979, 23, s. 382—389.
Stríženec, M., Droppová, Z.: Certain results concerning mental transformation. Studia psychol. 1979, 21, s. 45—51.
Stríženec, M. aj.: Zmena nárokov na poznávacie procesy pracovníkov v podmienkách budovania ASR. Záverečn. správa čiastk. úlohy ŠPZV č. VIII-5-2/8. Bratislava, ÚEP 1980.
Swets, J. A., Tanner, W. P., Birdsall, T. G.: Decision processes in perception. Psychol. Rev. 1961, 68, s. 301—340.
Szafraniec, H.: A preliminary job analysis of the computer programmer and systems analyst. Polish Psychological Bulletin 1975, 6, s. 217—226.
Šmíd, M.: Pokyny pro konstruování strojů a zařízení z hlediska lidské práce. Plzeň, ZVIL 1962.
Šmíd, M.: Pokyny pro navrhování strojů a prostředí z hlediska ergonomiky. Plzeň, ZVIL 1971.
Šmíd, M.: Ergonomické parametry. Praha, SNTL 1977.
Šmíd, M., Kuna, I.: Ergonomie. Praha, SNTL 1977.
Štikar, J.: Čitelnost číslic. Čs. psychol. 1961, 5, 4, s. 358—362.
Štikar, J.: K analýze pracovní a řídící činnosti člověka v systémech člověk — technické zařízení. Praha, Acta Universitatis Carolinae — Philosophica et historica, Studia psychologica V, 1979, s. 75—95.
Šulc, J.: Letecká fyziologie. Praha, Naše vojsko 1980.
Šváb, S., Vyhnálek, V.: Užití somatografické šablony při prostorovém modelování pracovního místa. Psychol. v ekonom. praxi 1978, 13, s. 28—40.
Tichomirov, O. K., Bielik, J. J., Poznanskaja, E. D., Turčenkova, N. Ch.: Opyt primenenija teorii informacii k analizu processa rešenija myslitel'nych zadač čelovekom. Vopr. psichol. 1964, 4, s. 21—37.
Tichomirov, O. K. (Ed.): Iskusstvennyj intellekt i psichologija. Moskva, Nauka 1976.
Taylor, F. V.: Human engineering and psychology. In Koch, S. (Ed.): Psychology: A study of a science, Vol. 5. New York, McGraw Hill 1963, s. 831—907.
Toman, J., Brichcín, M.: Výzkum efektivnosti počítačových rejstříků. Praha, Základní knihovna. Ústředí vědeckých informací ČSAV 1974.
Van Cott, H. P., Kinkade, R. C. (Ed.): Human engineering guide to equipment design. Washington D.C., Government Printing Office 1972.
Vartabedian, A. G.: Legibility of symbols on CRT displays. Applied Ergonomics 1971, 2, 3, s. 130—132.
Venda, V. F.: Inženernaja psichologija i sintez sistem otobraženija informaciji. Moskva, Mašinostrojenije 1975, překlad do slovenštiny: Inžinierska psychológia a syntéza systémov zobrazovania informacií. Bratislava, Práca 1980.
Voronova, R. A.: O rabote XX. meždunarodnogo psichologičeskogo kongressa. Voprosy psichologii 1973, 1, s. 179—187.
Weinberg, G. M.: The psychology of computer programming. New York, Van Norstrand Reinhold 1971.
Welford, A. T.: Ergonomics of automation. London, H. M. Stationery Office 1960.
Wiesner, H.: Arbeit und Arbeitsgestaltung an Bildschirm-Arbeitsplätzen, Rationalisierung. München 1978, 29, s. 7—8, s. 179—181.
Williams, A. P.: The selection of maintenance engineers for data processing equipment. Occupational Psychology 1966, 40, s. 53—65.
Wish, M.: Subjects' expectations about their own interpersonal communication. A multidimensional approach, Personality and Social Psychology Bulletin 1975, 1, 3, s. 501—504.

Woodson, W. E., Conover, D. W.: Human engineering guide for equipment designers. Berkeley, Univ. of California Press 1964, ruský překlad Spravočnik po inženernoj psichologiji dlja inženerov i chudožnikov — konstruktorov. Moskva, Mir 1968.

Zabrodin, Ju. M. (Ed.): Issledovanije i modelirovanije dejatel'nosti čeloveka — operatora. Moskva, Nauka 1981.

Zarakovskij, G. M.: Psichofiziologičeskij analiz trudovoj dejatel'nosti. Moskva, Nauka 1967.

Zelman, J.: Psychologická analýza činnosti operátora pri vstupe a výstupe údajov na počítači. Rigorózna práca. Bratislava, FFUK 1978.

Zinčenko, V. P. (Ed.): Issledovanie processov prinjatija rešenija. In Ergonomika Principy i rekomendacii, vyp. 3. Moskva, VNIITE 1971.

Zinčenko, V. P. (Ed.): Vvedenije v ergonomiku. Moskva, Sovetskoje radio 1974.

Zinčenko, V. P., Munipov, V. M.: Osnovy ergonomiki. Moskva, Izd. Moskovskogo universiteta 1979.

Zinčenko, V. P., Panov, D. Ju.: Igrovyje sistemy upravlenija i informacionnyje modeli. In Sistema „čelovek i avtomat". Moskva, Nauka 1965.

Věcný rejstřík

adaptace na světlo a tmu 114—116
akomodace 114
algoritmus 72, 146
antropometrie 201, 203—207
automatizace 73, 141
automatizované systémy řízení 73, 183—197

čitelnost 103, 108, 109, 123

detekce poruch 74, 146
detekce signálů 54, 138
displeje alfanumerické 74, 101, 108, 119
doprava 28, 48, 62, 127, 146, 152, 153, 181, 182, 215—217, 225—228
dovednosti 76, 77, 156, 179

energetika 28, 62, 85, 146, 147, 172

hluk 96, 198

chemický průmysl 146, 147, 150, 196, 209
chyby operátora 82, 84, 85, 91

informační kapacita 20, 55, 67, 82

klimatické podmínky 96, 200
kódování informace 46, 122—127, 131, 159—160
komunikace 21, 189, 192, 193, 212—218
kontrast jasů 102—103, 105, 112
kooperace 212

metody 42—59, 68—72, 93, 94
mnemoschéma 145, 147
modely 43—52, 58, 142—145, 162—182
monitorování 137, 138
myšlení 54, 65, 66, 141—150

obrazovkové terminály 74, 100—103
operativní obraz 40, 143
oslnění 102—103, 113, 200
osvětlení 96, 199, 200
ovládače 62, 151—161

paměť 54, 132, 140
počítače 99, 101, 143, 150, 183—197
pozornost 64, 132—139
programování 184, 187, 188
projektování 41, 53, 166—171, 219
prostředí 198—201

reagování 55, 81, 99, 151—161
rozhodování 43, 49, 84, 148—150

řeč 217, 218

sdělovače 62, 74, 104—140, 158
simulace 45, 162—182
skupiny operátorů 76, 212—217
slyšení 81, 128—132
sociální podmínky 97, 98, 185, 209—218
somatografie 201—207
spolehlivost operátora 83—91
spolehlivost technického zařízení 83—91
stroje stacionární 57, 58, 222—224
stroje mobilní 57, 59, 225—228
strojírenský průmysl 27, 28, 34, 61, 65, 146, 196, 204, 206, 220
stupnice 107, 109—112
teorie her 38, 148, 149
teorie informace 38

KNIŽNICA

teorie regulace 38
teorie řízení 38

únava 97, 99, 100
úrazy 97, 98

vibrace 96, 198
vigilance 97, 133—137
vnímání 54, 81, 95, 104—140
výcvik 176—179

zátěž 78—103
zorné pole 106, 116, 118, 139
zraková ostrost 105—109
zrakové vyhledávání 116, 117

JIŘÍ ŠTIKAR, JIŘÍ HOSKOVEC, MICHAL STRÍŽENEC

Inženýrská psychologie

Obálku navrhl Jiří Štauber. Vydalo Státní pedagogické nakladatelství, n. p., v Praze r. 1982 jako svou publikaci č. 46-00-19/1. Edice Učebnice pro vysoké školy. Odpovědná redaktorka Alena Kynclová. Výtvarná redaktorka Milada Slaninová. Technická redaktorka Marcela Jirsová. Z nové sazby písmem Public vytiskly Tiskařské závody, n. p., závod 2, Karmelitská 6. Formát papíru 70 x 100 cm. AA 20,27, VA 21,24. Počet stran 256. Náklad 4000 výtisků. Tematická skupina a podskupina 02/9. Vydání 1. Cena vázaného výtisku Kčs 26,00. 104/21,852

14-456-82 Kčs 26,00