

Elektronsugárcsöves megjelenítők ergonómiai vizsgálata és minősítése

DR. IZSÓ LAJOS

Kandó Kálmán

Villamosipari Műszaki Főiskola

MÉSZÁROS SÁNDOR

Tungsram Rt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Kandó Kálmán Műszaki Főiskola 1975 óta foglalkozik az ember-számítógép kapcsolat vizsgálatával. 1985 óta a vizsgálatokat Tungsram gyártású display-vel és monitorcsövekkel végzik. A közlemény elsősorban a reflexiómentesítés fontosságát mutatja be.

1. Bevezető

A világ műszaki fejlődésével — ezen belül a számítógépek alkalmazásának terjedésével, az automatizálással — párhuzamosan rohamosan nő az olyan munkahelyek száma, ahol a dolgozó adatmegjelenítőn, úgynevezett display-n, magyarosan képernyős munkahelyeken keresztül kommunikál a számítógéppel, illetve valamilyen elektronikusan irányított rendszerrel. A korszerű adatmegjelenítők igen eltérő fizikai elven működnek, a legelterjedtebb ilyen eszközök azonban jelenleg — és még előreláthatóan igen hosszú ideig — az elektronsugárcsövek, ismertebb nevükön monokromatikus monitorcsövek vagy egyszerű fekete-fehér képcsövek, míg a színes információ megjelenítésre a színesképcső.

Az Egyesült Államokban már 1980-ban több mint 7 millió operátor dolgozott kb. 5—10 millió elektronsugárcsöves kijelzővel. A display-k száma 1981-re már 15 millióra nőtt, 1986-ban pedig számuk 150 millióra tehető. Bizonyos késéssel és hasonlóan robbanásszerűen, ugyanez a tendencia 1983-tól nálunk is tapasztalható. 1985-ben hazánkban már 25 000 mikroszámítógép üzemelt közületi tulajdonban. 1981 óta az egész világon elterjedtek azonban az olcsó személyi számítógépek, így a képernyő bevonult a lakásokba is. A képernyős munkahelyek terjedésével — a munka jellegétől, a display mellett ténylegesen eltöltött időtől, valamint a display típusától függő mértékben — megjelentek bizonyos tünetek, illetve panaszok: vizuális fáradtság, szemvörösödés, szemviszketés, homályos vagy kettős látás, a szokásosnál gyakoribb szemüvegcsere (szemromlás), nőtt a szemcseppek használata, illetve látási funkciókon túlmenő szimptomák gyakorisága, mint az általános fáradtság, kimerültség, és fejfájás. Ilyen észlelésekről írtak elsőként: MOURANT, R. R. és munkatársai [1], SMITH, M. J. és munkatársai [2], DAINOFF, M. J. és munkatársai [3], GUNNARSSON és SÖDERBERG [4]. A hazai — nagyrészt nem publikált — tapasztalatok is hasonlóak voltak.

Az előbbieket alapján érthető, hogy az utóbbi

években határozott igény merült fel olyan módszerek kidolgozására, amelyek alkalmasak a képernyővel végzett munka terhelő hatásának megítélésére, és így a display minősítésére is.

2. Képernyős munkahelyek ergonómiája, „human faktor”

Ergonómusok, üzemi orvosok és munkapszichológusok már több éve intenzíven foglalkoznak a képernyős információ megjelenítő munkahelyek olyan kialakításával, amely optimálisan felel meg az emberi szervezet képességeinek és adottságainak. Az eredményeket nem csak számos kutatási záróközlemény tartalmazza, hanem ezek alapján például az NSZK munka- és balesetvédelmi központja előírásokat is kiadott a display-s munkahelyek felszerelése és az itt dolgozók egészségvédelme tárgyában. Azok a kutatások, melyek az ilyen munkahelyek ergonómiailag helyes kialakításával foglalkoznak, legfontosabb szempontnak az optikai leképzés minőségének az ún. human faktornak a megjavítását tekintik. Ma már felismerték, hogy azok a részben nagyon is különböző követelmények, melyeket a megjelenítős munkaeszközök különféle felhasználási területei határoznak meg (pl. adatbevitel, párbeszéd, adatkiírás, szövegfeldolgozás stb.) csak akkor elégíthetők ki, ha az információ kiírása a képernyőn olyan jó minőségű, hogy a készülék felállítási helye, a munkahelyek térbeli elrendezése vagy a teremvilágítás alig jelent további korlátozást vagy megszorítást.

A megjelenítő készülékeknek — mint általában bármely más munkaeszköznek — illeszkedni kell az emberi szervezet tulajdonságaihoz és a különböző munkafolyamatok jellegéhez. Az ilyen készülék nem lehet „különleges munkaeszköz”, melynek a munkahely — újabban maga a lakószoba — minden más elrendezési szempontja alá van rendelve. Mint említettük, ez a követelmény csak akkor teljesíthető, ha az optikai problémákat megnyugtató módon sikerül megoldani.

Az elektronsugárcső elvű display-nek a hatása a környezetre és az emberi szervezetre nagyon sokféle. Hatása van a 15...25 kV-os gyorsító feszültségnek az ernyő feltöltődése és kismértékű röntgensugárzása miatt, de zavaró hatású a fiatalok által még hallható sorsfrekvenciás zaj, az ernyőfelület fényoptikai reflexiója, stb. Jelen cikkünkben a display fényreflexiójának zavaróival foglalkozunk.

A képernyős munkahelyen dolgozó személyeknél vizsgálható „human faktor” tehát a display

Beérkezett: 1986. VI. 2. (Δ)

mérésénél, kezelésénél fellépő látás-fiziológiai és pszichológiai hatások összességét jelenti.

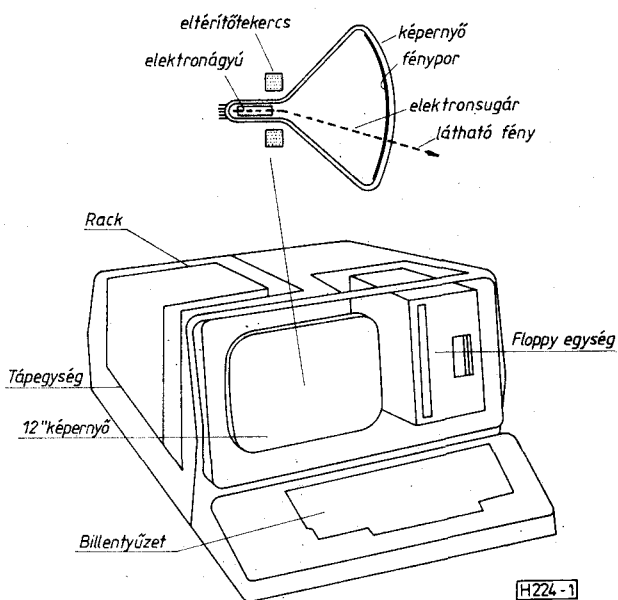
2.1. A display fényreflexiója, mint ergonómiai probléma

Adott irányú fényvisszaverődés, tükröződés és felületi fénylés ma még számos képernyős munkahelyen a legsúlyosabb problémákat jelenti. A nem kielégítően reflexió, ill. tükröződésmentesített, képernyők sok munkahelyen a szem kifáradásának legfőbb okozói. (Hasonló problémák a nem képernyővel dolgozó munkahelyeken is ismeretesek: Pl. a fénylő papírfelületek bizonyos megvilágítás mellett erősen megnehezítik vagy lehetetlenné teszik az olvasást). Nem kielégítően reflexiómentesített display esetén nem csak a vizuális információ romlik, hanem a szemnek túlerőltetése a látás károsodását és ezzel kapcsolatosan egyéb tüneteket, pl. szemremegést, könnyezést vagy szemvörössödést okozhat. Megemlíthető, hogy a reflexiókat a képernyő mellett dolgozó személyek gyakran észre sem veszik, de a zavaró hatás ettől függetlenül érvényesül.

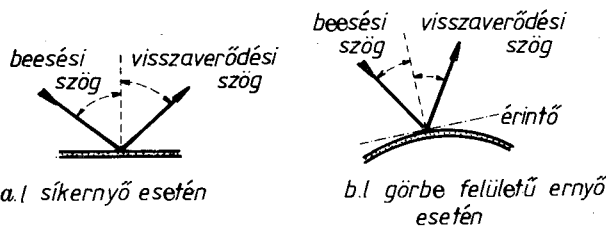
Hogy a nem kielégítően reflexiómentesített képernyő és az említett nemkívánatos hatások között fennálló viszonyt jobban megérthessük, szükséges először a látás fizikai-optikai és pszichológiai mechanizmusáról adni egy vázlatos ismertetést, melynek keretében megmutatjuk, hogy a képernyőről származó reflexiók milyen részfolyamatokon keresztül fejtik ki zavaró hatásukat.

A jelenleg használatos elektronsugárcsöves display készülékekben az információ megjelenítésekor egy fókuszált, nagysebességű elektronsugár csapódik be a fényporral bevont ernyőre, és ez a réteg alakítja át az elektron mozgási energiáját látható fénné (l. 1. ábra).

A fényporréteg az elektronsugárcső azon alkátrészének a belső oldalára van felvíve, amelyet



1. ábra. Tipikus display felépítése és monitoresöve



2. ábra. Fényvisszaverődés sík és görbe monitoreső-ernyő felületen

a szemlélő mint képernyőt maga előtt lát. Az elektronsugár az egész képernyőt sorról sorra, és ezen belül pontról pontra letapogatja. A képjel (szám vagy betű) úgy áll elő, hogy az elektronsugarat a vezérlő video elektronika a megfelelő helyeken ki-be kapcsolja. A letapogatási folyamat nagyon gyorsan, másodpercenként 25, újabban 50...100-szor ismétlődik, így a képen nem a villogó pontokat, hanem az írásjelek álló képét látjuk.

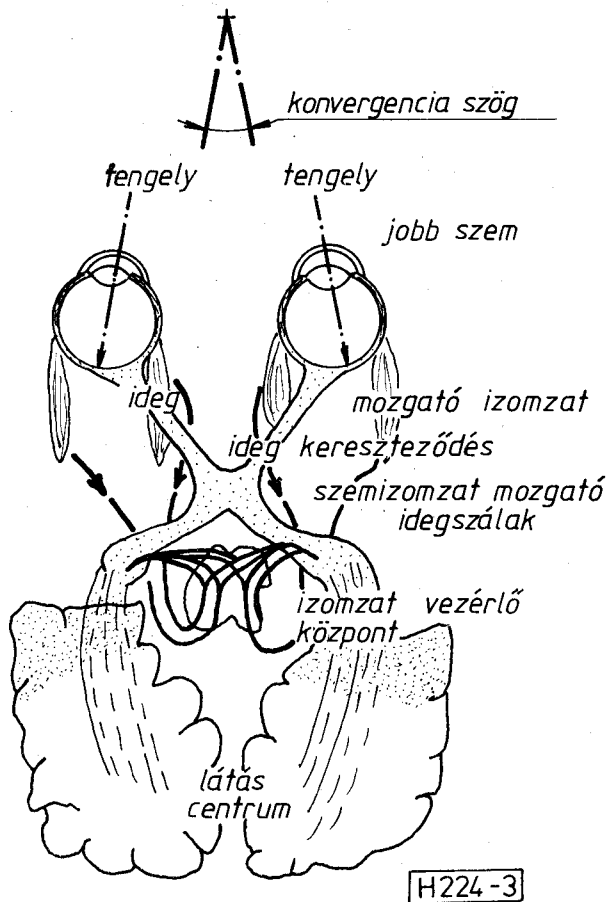
Technikai ill. konstrukciós okokból a fényporréteg mindig a képcső belső oldalára van felvíve. A képcső üveganyaga a fényporréteggel együtt a kívülről belépő fénnel szemben, mint tükör működik. A tükröhatást már eleve jelentősen csökkentjük, ha a képernyőn pozitív leképzést — sötét-jel világos háttéren, mint a fehér papíron gépelt szöveg — állítunk elő. Ennek ellenére ma még legtöbb display nem alkalmas pozitív jelek kiírására, vagyis sötét ernyőn világos — pl. fehér vagy zöld — betűjeleket alkalmaznak.

A szemnek nem kielégítően reflexiómentesített képernyővel végzett munka esetén fellépő zavaraira vonatkozólag fontos a következő törvényszerűség: ha egy fényugár síkklapon tükröződik, a beesési szög egyenlő a visszaverődési szöggel. Ez az optikai törvény a monitoreső görbült felületére is érvényes, de a szögeket az adott pontra vonatkozó érintősíktól kell számítani a 2. ábra szerint.

Közismert, hogy ha egy közeli pontra nézünk, a két szemünk tengelye nem párhuzamos, hanem a szentengelyek meghosszabbított egyenesei az adott pontban metszik egymást. A szentengelyek konvergenciájával jellemezhetjük. A szentengelyek (látósugarak) egymással bezárt szögét szemkonvergencia-szögnek nevezzük a 3. ábra szerint.

A két szentengelynek a szemnek megfelelő elforgatásával történő beállítása egy bonyolult belső szervezeti szabályozórendszer működésének eredménye, amelyben a két szem recehártája, bizonyos látóidegpályák, a szemizmok és ezek agybeli mozgatócentrumai egyaránt szerepet játszanak. A helyes szemkonvergencia szögbeállításakor ezek az elemek a következőképpen működnek:

- A két szem recehártáján megjelenik a szemlélt tárgy optikailag leképzett képe, és általában az idegimpulzusok mintázatává.
- A látóidegek az impulzusmintát az agy látócentrumába vezetik. Itt egy összehasonlító



3. ábra. Az emberi szem tengelyének konvergenciája

folyamat játszódik le, annak megállapítására, hogy a két szemből érkező impulzusminták milyen mértékben egyeznek meg egymással.

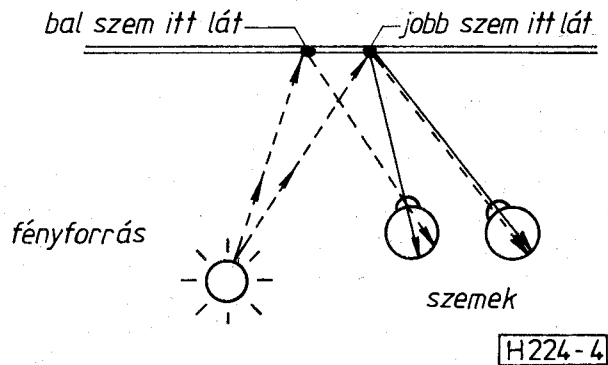
- c) Ha az összehasonlítás nem mutat tökéletes egyezést, a szemizmok mozgatóközpontjai vezérlő utasításokat adnak ki, erre a szemizmok aktiválódnak, és addig mozdítják el a szemtengelyt, míg a két szem recephátyájára leképzett két kép minden részletében teljesen azonos nem lesz. Mivel a látás folyamatában — már csak fiziológiai okokból is — a tekintet irányának állandó mozgása észlelhető, a leírt szem-konvergenciabeállító mechanizmus újra és újra működésbe lép. Így lényegében folyamatos szabályozó tevékenységről beszélhetünk. A szem-konvergenciaszabályozás a tekintet irányító és szemlencsét élesre állító mechanizmussal összehangolva működik.

Fontos felismerés, hogy ha bármelyik rendszerben zavar keletkezik, az a többi rendszerre is kihatással van!

2.2. A szem konvergencia szabályozásának fényreflexiók okozta zavarai

A display-n fellépő fényreflexiók a szem konvergenciaszabályozási folyamatát erősen zavarják.

A problémamentes és tévesztésmentes információfelismeréshez feltétlenül szükséges, hogy a



4. ábra. A szem látászavara, fényreflexió esetén

két szem tengelyét az agyi szabályozó mechanizmus pontosan a megfigyelni kívánt jelre irányítsa. Ha a képjelen kívül a látómezőben még tükrözések is fellépnek, mint pl. fényforrások, ablakok, vagy egyéb fényes felületek éles kontúrokkal határozott tükörképei, akkor a képjel is, és a fényreflexió is vezérlő hatást fejt ki a szem konvergenciaszabályozó mechanizmusaira. A tükrözés esetén azonban érvényesül az előbb említett törvény, mely szerint a beesési szög egyenlő a visszaverődési szöggel, és így a tükörkép a két szem számára különböző helyen jelenik meg a 4. ábra szerint.

Az ebből származó zavart szemléletessé tehetjük, ha egy tükör felületére filctollal egy pontot rajzolunk és megkíséreljük ezt a pontot mindkét szemmel mereven nézni. Azt tapasztaljuk, hogy alig lehetséges mindkét szemünket az adott pontra élesen beállítani, mert a pont a két szemmel különböző helyen látott tükörképe előtt jelenik meg.

Erősen kontúrozott tükörkép esetén a szem konvergenciaszabályozása nem kap egyértelmű információt. Azt mondhatjuk, hogy „nem tudja”, hogy a szemtengelyeket addig mozgassa-e, amíg a megfigyelt képjel mindkét szem recephátyáján azonos helyzetbe kerül, vagy pedig valamelyik tükörképre végezze-e el ezt a műveletet.

A zavaró hatás kompenzálása csak megfeszített figyelemmel és az ehhez kapcsolódó pszichikai megterheléssel lehetséges. Rosszul tükrözésmentesített képernyő mellett végzett huzamos munka során tehát a következő problémák fellépésével kell számolnunk:

- A látás fokozott igénybevétele.
- A látási teljesítmény csökkenése.
- Az ebből származó általános túlterhelés, a lecsökkent látási képességek kiegyenlítése céljából.
- Gyors kifáradás, majd az információ téves felismerése.
- Ilyen körülmények között hosszú időn át végzett munka esetén nagy valószínűséggel fellép a szem funkcionális károsodása is.

Ilyenkor látási zavarok akkor lépnek fel, ha a szem konvergenciaszabályozási rendszere az olvasási szemmozgás, és a látótávolság beállítása a szemlencse görbültségének változtatásával már nem tudja ellátni a feladatát. A szemkárosodás

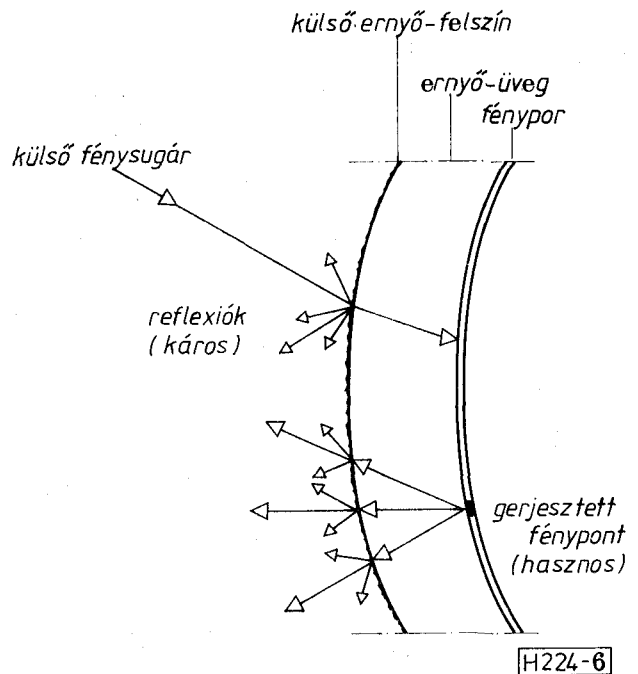
tünetei: szemremegés, a két szem által észlelt képek „szétfutása”, a szem égése, kivörösödése, erős könnyezés és fejfájás. Ezen panaszokat újabban szokás képernyő-syndromának is nevezni.

Hasonló szemkárosodás — a látás fokozott megterhelése miatt — nem csak képernyővel végzett munka során jöhet létre, hanem pl. hosszú éjszakai autózétesnél is, ezért a szakirodalomban ezt a tünetcsoportot már jóval a képernyős készülékek elterjedése előtt részletesen tanulmányozták és leírták. A szem optikai károsodása nem mindig vezet feltétlenül a szem megbetegedéséhez, de tünete és mellékhatásai nagyon kellemetlenek. A tünetek hosszabb pihenés után általában maguktól elmúlnak.

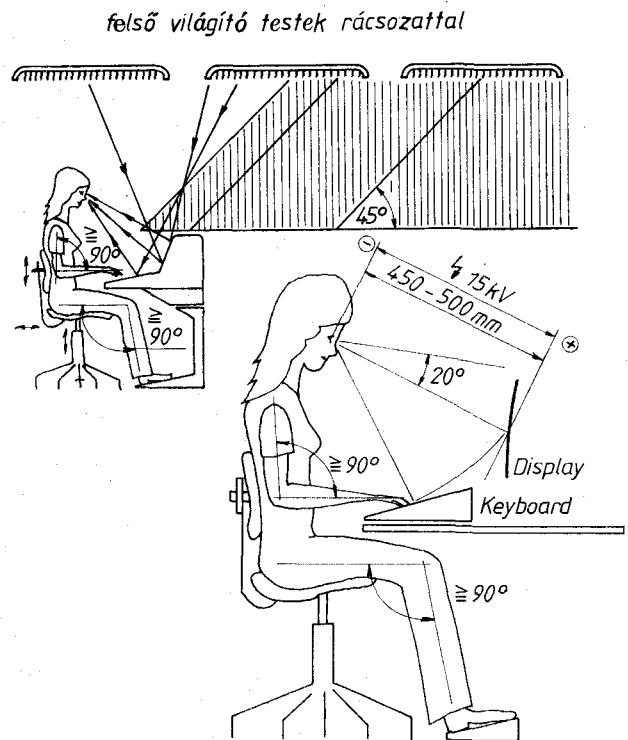
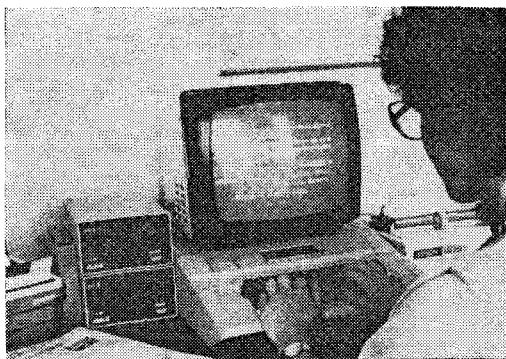
2.3. Az optikai információszelés zavarai a tükröződések következtében

Ha a display-n fellépő fényreflexiók az 5. ábra szerint sokkal fényesebbek, mint az ernyőkép háttere ún. reflexiós elfedés jöhet létre. Szélső esetben az információs jelek teljes olvashatatlansága következik be. Ez esetben „fiziológiai információ elfedés”-ről beszélünk. Kevésbé súlyos esetben csak erősen megnehezedik a jelek felismerése, ami tovább erősíti az előző fejezetben leírt zavaró hatásokat, és már rövid tevékenység után is érzékelhető kifáradást okoz (1. 6. ábra).

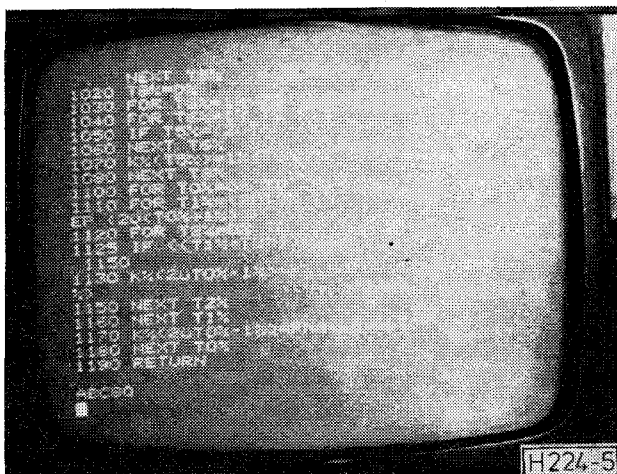
A jelek elfedését lényegében a szembe jutó szórt fény okozza. Mivel az emberi szem optikai közegei



6. ábra. Az ernyőfelület hasznos és káros fényinformációs pontja



7. ábra. Display-munkahely optimális kialakítása



5. ábra. A display ernyőfelület zavaró fényreflexiója

élő szövetekből állnak és így nem érik el az üvegből csiszolt lencsék minőségét, magában a szemben is fényszóródás keletkezik, minden olyan esetben, amikor a tükrözés fényessége egy bizonyos

értékkel meghaladja azt a fényerősségi szintet, amelyre a jelek észleléséhez beáll.

Ha a szemben fellépő szórt fény elér egy bizonyos értéket, ez lecsökkenti a kontrasztkülönbséget a recehártján kialakuló kép és ennek háttere között, és ezt a jelenséget a display mellett dolgozó személy mint képelfedést érzékeli.

2.4. A képernyő reflexiómentesítésének módszerei

Az előzőkből következik, hogy a megjelenítők reflexiómentesítése, vagy legalábbis a reflexiók jelentős csökkentése ergonómiai szempontból elsőrendű követelmény, amelyre különböző műszaki megoldásokat alkalmaznak. A következőkben ezeket az eljárásokat mutatjuk be.

2.4.1. A display körülmények elhelyezése és a helyes hajlásszög beállítása

Ha a display-t a munkahelyeken a 7. ábra szerint úgy helyezzük el, hogy ablakok vagy fényforrások ne tudjanak tükröződni a képernyőn, a problémát tulajdonképpen megoldottuk. A gyakorlatban azonban ez az út nem mindig járható, mert erős korlátozást jelent a munkahelyek kialakításában és a bútorok elhelyezésében. A szokásos egy-két személyes irodák esetén az elhelyezési nehézségek még többnyire megoldhatók, nem így a több személyes nagy termekben. Az ilyen irányú kísérletek azt mutatják, hogy a legtöbb nagyméretű teremben csak nagyon kevés helyen, és csak szigorúan meghatározott irányban lehet úgy elhelyezni a készüléket, hogy az ablakok vagy lámpák tükröképe ne jelenjen meg a képernyőn.

A tükrözések csökkentésének ajánlható egyszerű módszerei a következők: Fénytechnikailag gondosan megtervezett világítás („sötét fény”-technika) alkalmazása mellett a display merőleges, vagy csak kissé ferde elhelyezése, olyan lefelé irányuló megdöntés, hogy a display felső széle közelebb legyen a kezelőhöz, mint az alsó szél stb. Ehhez a lehetőséghez a korszerű display-k dönthető kivitelben készülnek. Ezeket az elhelyezési alapszabályokat akkor is érdemes szem előtt tartani, ha a tükrözések csökkentésére egyéb módszereket is alkalmaznak: természetesen csak olyan mértékben, hogy a munka normális menetét ne akadályozzuk.

A megjelenítőhöz alkalmazott monitorcső ernyőrádiusza, görbülete is befolyásolja a reflexiókat, ezért célszerűen nagy rádiuszú, vagy síkernyős monitorcső kiválasztása ajánlott. Ugyancsak csökkenthetők az ernyőreflexiók az ernyő üvegyanyagának szürkítésével. Az így előálló fényelnyelés (30–60%) azonban csökkenti a fényerőt, de növeli a kontrasztot. Ilyenkor azonban a nagyobb sugárerő miatt a cső élettartama csökken.

2.4.2. Pozitív kép előállítása a display-n

Világos képháttér és sötét terem esetén a reflexiók alig vagy csak nagyon gyenge fénykontraszttal jelentkeznek, ellentétben a sötét képháttér esetén kialakuló viszonyokkal. A jelek pozitív kiírása a

11. ábra szerint kétségtelenül nagyon hatásos — ámbár költségesebb — módszere a reflexiók kiküszöbölésének.

A magasabb ár ellenére a kereskedelemben már számos készülék így kapható, a már üzemben lévő készülékek döntő többsége azonban rendeltetésszerűen csak sötét háttérű, negatív kiírásra alkalmas. Elvileg lehetséges ugyan a negatív kiírású gépek utólagos átfordítása pozitív megjelenítésre, a tapasztalat szerint azonban az így átalakított gépek egyéb jellemzői nem felelnek meg az ergonómiai követelményeknek, nem adnak kielégítően vibrálásmentes képet.

2.4.3. Polarizációs szűrők

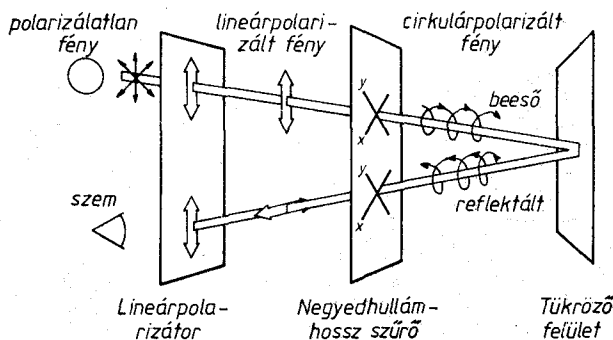
Ennél az eljárásnál a 8. ábrán látható elv szerint egyes szűrőanyagoknak azt a tulajdonságát használják fel, hogy az ernyőfelületön visszavert fényhullámokat a beeső zavaró fényhullámokkal ki tudják oltani.

Munkahelyi tapasztalatok szerint a jelenleg használatos polarizációs szűrők hatása még nem kielégítő. Az ilyen szűrőkkel felszerelt display-k rendkívül érzékenyek az érintésre. Ujjnyomok vagy karcolások az adott helyen működőképtelené teszik a szűrőt, illetve leolvasási zavarokat okoznak.

2.4.4. Mikroháló szűrők

Nagyon finom szövésű textil vagy nylon szövet anyagok hatásosan csökkentik a reflexiót. Ez a módszer viszont minden esetben fényerővesztést okoz, tehát csak kielégítő átlagos fényerőséggel ernyők esetén alkalmazható. Abból indulhatunk ki, hogy mikroháló alkalmazása esetén a képernyő fényének csak kb. egyharmad része jut el a megfigyelő szemébe, kétharmad részét elnyeli a mikroháló szövete, nem beszélve a beporosodás utáni helyzetről, bár a mikroháló könnyű eltávolíthatóságával a portalanítás elvégezhető. A mikroháló optimális reflexiómentesítő hatását az ernyő előtt 5...30 mm távolságra elhelyezve fejt ki, ezért egy távolságtartó keretre szerelik, amely a display-n történő oldható rögzítést is megoldja.

A mikrohálót vezetőbevonattal is ellátják, ezáltal a képernyő elektrosztatikusan pozitív nagy-



8. ábra. Display-ernyő polarizációs szűrővel

H224-8

panasz az eredménye. Emiatt alkalmazása újabban igen gyakori.

2.4.5. A display felületének marása, mattítása

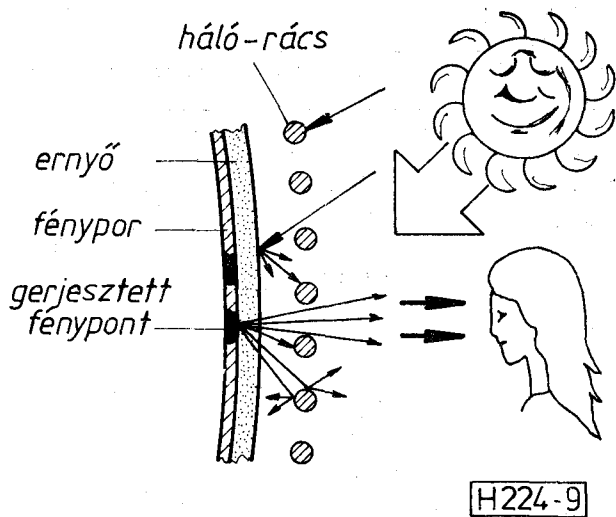
Mechanikai és/vagy kémiai módszerekkel ún. szatinírozással a képernyő felülete enyhén homályossá, tükrözésmentessé tehető már a csőgyártás előtt, vagy annak végén. Ez a módszer mindjobban terjed és finomodik. Tartóssága miatt is kedvelik, bár a felbontást kissé rontja.

2.4.6. Gőzölt előlapos display-reflexiómentesítés

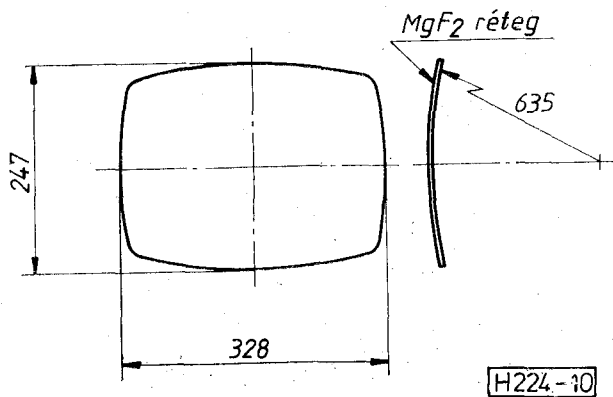
A 10. ábrán látható üveglemezből rogyasztott görbe előlapot vákuumpárolgatással a szemüveglencsékhez hasonlóan történő reflexiómentesítés után a 11. ábrán látható elven a képernyőre ragasztják fel, átlátszó műanyag kiöntőgyantával. A reflexiómentesítéshez számos átlátszó anyag vékonyréteg bevonata használható, pl.: MgF_2 , kriolit, stb., amelyeknek a törésmutatója kicsiny ($n=1,36-1,38$). A reflexiók csökkentéséhez az alkalmazott réteg vastagságának és törésmutatójának a szorzata a közepes fényhullámhossz ($\lambda=555$ nm) negyedével kell egyenlő legyen.

Egymásra párolgatott többrétegű bevonatokkal lehet elérni a legtokéletesebb reflexiómentesítést, miközben a hasznos információ fényereje nem csökken (l. 12. ábra).

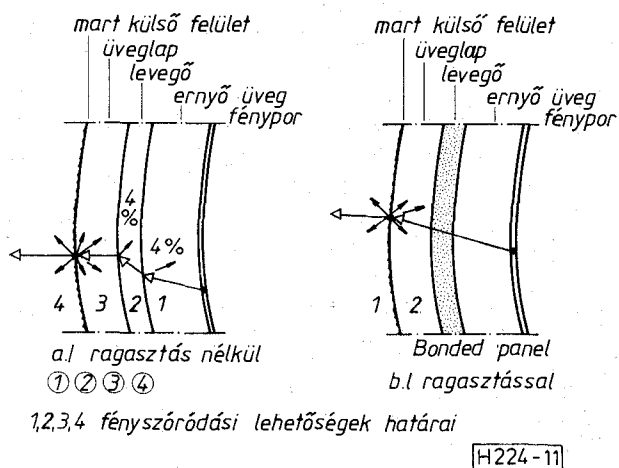
Az eddig gyártott legjobb gőzölt előlapos reflexiómentesítésnél 98,8% fényáteresztés mellett 0,2% reflexió volt elérhető. A módszer a vákuumpárolgatásos technológia és az előlap optikailag tiszta ragasztása miatt igen drága, így a nagyfelbontású display-khez használatos.



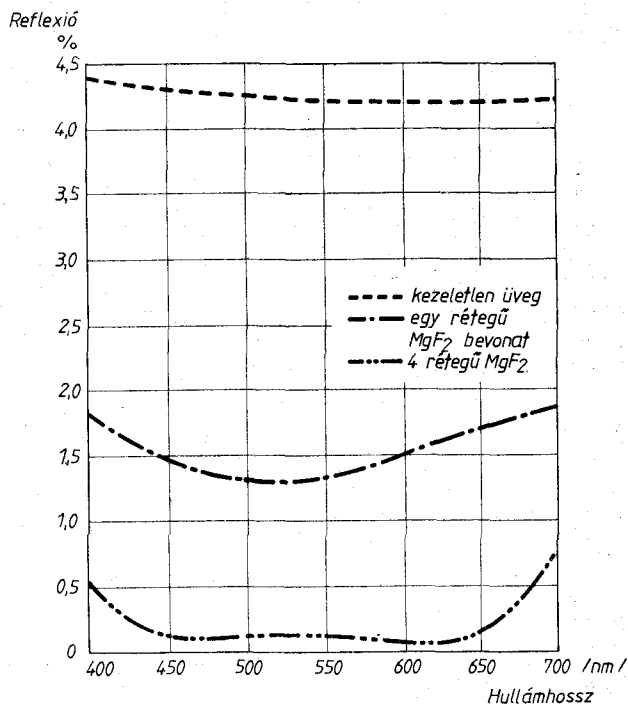
9. ábra. Mikrohálós display-ernyő



10. ábra. Rogyasztott, gőzölt ernyőelőlapok



11. ábra. Az ernyőelőlap hatása ragasztással és anélkül



12. ábra. Kezeletlen egyszeresen és többszörösen párolgatott ernyőelőlap reflexióhatása

feszültségre feltöltött felületét a display leárnyékolja a szemlélő felé a 9. ábra szerint. A display-kezelő arcába ezáltal kevesebb porszemcse és negatív ion kerül, jobb körzérzet, kevesebb szem-

Reflexiómentesítési eljárások összehasonlítása

Eljárás Tulajdonságok	Gőzölt előlap	Mart ernyő	Polaroid szűrő	Mikroháló szűrő	Színes fólia, spray
Elérhető méret	max 19''	27''	27''	17''	27''
Maradó reflexió	0,35 %	1 %	0,5 %	0,8 %	4 %
Felbontás	megmarad	kissé csökken	megmarad	csökken	megmarad
Fényáteresztés	megmarad	kissé csökken	kissé csökken	csökken	kissé csökken
Klímaállóság	jó	jó	csökken	csökken	csökken
Karcolódás	jó	jó	kényes	jó	kényes
Elektrosztatikus tér	nagy	nagy	nagy	alacsony	nagy
Ernyőtisztítás	egyszerű	egyszerű	nehézkés	nehézkés	nehézkés
Gyárthatóság	bonyolult	egyszerű	bonyolult	bonyolult	egyszerű
Költsége	drága	olcsó	drága	drága	olcsó

2.4.7. Külső lakkbevonatok alkalmazása a display felületén (spray)

Ma már megvan a lehetőség arra is, hogy a display-n fellépő tükröződések a képernyő felületén alkalmazott egyszerűen felvihető lakkbevonatok segítségével szüntessük meg. Ez esetben az ernyőfelület struktúráját a bevonattal finoman érdessé teszik, és így a beeső fény visszaverődése nem irányított, hanem szórt jellegű lesz. Ezen módon a reflexiókat, tükröződések hatáson tudjuk csökkenteni.

Néhány évvel ezelőtt a reflexiómentesítő bevonatok alkalmazása még jelentősen rontotta a display optikai jellemzőit. Az akkoriban kapható reflexiómentesítő spray-anyagok nem adtak eléggé egyenletes felületi struktúrát, és ez gyakran a jelek kontúrjának elmosódásához vezetett, továbbá a bevonás nem volt elég kemény a karcolódással szemben. Időközben sikerült a bevonóanyagok minőségét számottevően megjavítani.

A kereskedelmileg beszerezhető ernyő felületkezelő anyagok háromféle színváltozatával bevont display-n végeztek vizsgálatot. A három változat a következő elnevezésekkel szerepelt:

- „zöld” felülettípus
- „borostyánsárga” felülettípus
- „semleges” felülettípus

Ezek közül az első kettő negatív írásképző (neutrál szürke) display-n alkalmazható előnyösen és az adott feltételek között az ergonómiailag ajánlott „egyszínű” jel-megjelenítést teszi lehetővé. A neutrál szürke szintelen reflexiómentesítő anyag negatív és pozitív írásképző ernyőkön, valamint színes megjelenítés esetén is felhasználható.

A külső lakkyszerű bevonatok azonban karcolhatók és így sérülékenyek, a képcső UV-sugárzására öregednek, bár lemarhatók és így könnyen utánszórhatók. A különféle reflexiómentesítési eljárások összehasonlító adatai az 1. táblázatban láthatók.

3. Hazai vizsgálatok

A Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola Elektronikai Alkatrésztechnológiai és Üzemszervezési Intézetében 1975-től foglalkozunk az ember-gép (elsősorban ember-számítógép) rendszerek optimalizálásával, megbízhatóságuk emelésének lehetőségeivel. Kutatásainkat kezdetben főiskolai

keretek között végeztük, majd 1983-tól hivatalosan bekapcsolódtunk a KGST ergonómiai együttműködési programba. A Munkalélektani Koordináló Tanácstól témánk támogatására pályázati úton kutatási keretet nyertünk el az 1984—90 évekre. Már ez ideig is számos laboratóriumi kísérletet és tényleges ipari munkahelyzetben megszervezett vizsgálatot végeztünk el. Kifejlesztettünk egy mikroprocesszor-alapú, rugalmasan programozható mérőműszert, amely az operátor munkatevékenység okozta igénybevételének, fáradásának mérésére alkalmas. (Idevágó fontosabb eredményeinket az irodalomjegyzékben 5—11 számmal jelzett publikációkban foglaltuk össze.)

Mivel a vákuumelektronika (elektronsugárcsővek, fényforrások gyártástechnológiája és alkalmazástechnikája) intézetünk műszaki-tudományos és oktatási profiljához szorosan hozzátartozik, az előzőekben vázolt ergonómiai kutatások során szerzett tapasztalataink birtokában a hazai gyártású display-k komplex ergonómiai vizsgálatához mind a tárgyi, műszaki, mind pedig a személyi feltételek rendelkezésünkre állnak.

A tervezett vizsgálatok elsősorban a display operátor vizuális és központi idegrendszeri fáradásának az alkalmazott display egyes műszaki paramétereitől való függését kívánják feltárni, aminek alapján lehetővé válna a vizsgált display (monitorcső) gyenge pontjainak megállapítása a felhasználó komfortérzete szempontjából. A vizsgálati eredmények alapján visszajelzést adhatunk a gyártónak és szükség szerint javaslatot tehetünk az elektronsugárcső gyártástechnológia egyes lépéseinek — elsősorban a fénypor felvitelének — észszerű és optimális mértékű módosítására.

Alapvető vizsgálati eljárásunk, hogy a vizsgált display-vel statisztikus módszerekkel már feloldozható számú személy (20—25 fő) standard feladatot végez el, és a feladat előtt és után — objektív és szubjektív módszerekkel — megállapíthatjuk aktuális állapotuk néhány jellemző mutatóját. Ezen mutatóknak a feladat elvégzése során bekövetkező változásából következtetések vonhatók le a személyek igénybevételére, illetve fáradására vonatkozóan. A standard munkafeladatot a vizsgált display-vel összekapcsolt Commodor és/vagy Spectrum személyi számítógép e célra írt programja szolgáltatja. A feladat nem igényel nagy erőfeszítést, de biztosítja a képernyő-

vei való rögzített ideig tartó intenzív kapcsolatot. A hagyományos orvos-szemészeti vizsgálatok (pl. látásélesség, fória mérése) csak a rendszeres, tartós igénybevétel okozta — többnyire már irreverzibilis — látási státuszromlást képesek konstatálni, rövid (néhány óras) képernyős munka hatást nem tudják kimutatni, ezért tervezzük érzékenyebb objektív mutatók mérését. A display-s munka terhelő hatásának ugyanis egyik alapvető oka — mint az előzőekben is láttuk — az ernyő felületi fénysűrűségének ritmikus változása, oszcillálása, ezért ez az igénybevétel — megfelelő módszertani körtekintéssel — irodalmi utalások szerint is a kritikus fúziós frekvencia változásának mérésével meghatározható.

A ritmikus főnyingerlés ugyanis — még az oszcilláció észlelési küszöbe alatt is — önmagában is (vizuális és centrális) fáradást okoz, és ehhez járul a tulajdonképpeni munka okozta igénybevétel. További érzékeny mutatók a szakirodalom szerint [12] a téri felbontóképesség és a kontraszt-érzékenység. Újabb alkalmas műszeres vizsgálati lehetőségek keresése mellett alkalmazni és továbbfejleszteni kívánjuk a különböző szubjektív megítélésen alapuló módszereket (pl. beszámolók, interjúk, skálázási technikák). Az olvashatóság nemcsak csőkonstrukciós és technológiai kérdés, hanem a készülékben alkalmazott elektronikának is függvénye, ezért célszerű és szükséges pl. a félképváltási frekvencia vagy a dinamikus fókuszálás hatását is tanulmányozni. A display saját fényviszonyai mellett tanulmányozni kívánjuk a külső, mesterséges megvilágítás és reflexiómentesítés optimalizálásának lehetőségeit is [15].

A felhasználó igénybevételét — a vázolt módszerek segítségével — olyan, elsősorban Tungstram display-kkel történő munkavégzés során mérjük és vizsgáljuk, amelyekben az előző bekezdésben ismertett műszaki paramétereket szisztematikusan változtatjuk.

Intézetünk, szakemberképzésünk kapcsán, közel két évtizedes kapcsolatban áll a Tungstram Rt-vel, amely 1970 óta gyárt display-t és azokhoz monitorcsöveket. Az itt folyó monitorcsőgyártásban, amely Európában és a szocialista országokban is elsőként indult be, lehetőség lesz az eredmények közvetlen alkalmazására, hasznosítására is. A Tungstram Rt. saját szervezésű ergonómiai vizsgálatokat nem tervez, az eredmények hasznosításában természetesen érdekelt és a kutatáshoz az általa gyártott jellegzetes monitorok egy-egy példányát rendelkezésünkre bocsátja. A vizsgálatok befejezése után — illetve közben folyamatosan — a Tungstram Rt. számára és más hazai felhasználónak tájékoztatást, ill. javaslatokat tudunk adni:

- az egyes beszerzési forrásokból származó monitorcsövek és a fényporválaszték tulajdonságairól,
- a képernyő tükrözés és villogás (flicker-hatás) csökkentésének ill. megszüntetésének lehetőségeiről,
- közepes (2000 karakteres) és nagy (4000 ka-

rakteres) felbontóképességű monitorcsövek olvashatóságáról,

- járműbe helyezett display-k minősítési módszereiről,
- színes display-k ergonómiai vizsgálatáról,
- képernyős munkahelyek optimális megvilágítását biztosító világítóberendezésekről, ill. világítórendszerekről.

A gyártástechnológiában közvetlenül használható eredményeken túl hasznos adatokat nyerhetünk a képernyős munkahelyek tervezéséhez és kialakításához is.

IRODALOM

- [1] Mourant, R. R. at al.: Visual Fatigue and Cathode Ray Tube Display Terminals, Human Factors, 1981. 23/5. 529—540
- [2] Smith, M. J. at al.: An Investigation of Health Complaints and Job Stress in Video Display Operations, Human Factors, 1981, 23(4), 387—400
- [3] Dainoff, M. J. at al.: Visual Fatigue and Occupational Stress in VDT Operators, Human Factors, 1981. 23 (4), 421—438
- [4] E. Gunnarsson, I. Söderberg: Eye Strain resulting from VDT work at the Swedish Telecommunications Administration, Applied Ergonomics 1983. 13. 1. 61—69
- [5] dr. Izsó Lajos: Az ember-gép rendszerek megbízhatóságának meghatározására szolgáló módszerek áttekintése. Ergonómia, 1982. 4. 220—228
- [6] dr. Antalovits M., dr. Izsó L., Neumann F.: Pszichofiziológiai mérőműszer a központi idegrendszer funkcionális állapotváltozásának meghatározására. Találmányi bejelentés 1982. OTH. sz. 2306/82. Szabadalmi lajstromszám: 184001
- [7] Antalovits M., Izsó L.: Pszichofiziológiai paraméterek vizsgálata és értékelése mikroprocesszor alapú mérőműszerrel, 1983. A magyar Pszichológiai Társaság VI. Orsz. Tud. Konf.-án elhangzott előadás
- [8] L. Izsó: Review of Methods Serving for the Determination of Reliability in Man-Machine Systems, Ergonomic Abstracts, 1983. 85. 927
- [9] dr. Antalovits Miklós, dr. Izsó Lajos: A vizuális kritikus fúziós frekvencia (CFF) vizsgálatának, értelmezésének és diagnosztikai célú felhasználásának elvi, módszertani kérdései. Ergonómia, 1984. 2. 87—98
- [10] Izsó, L.: Isszledovanyije nagyveznosztyi szisztyem cselovek-masina sz tocski zrenyija licnosztyi operatorov. A KGST-tagországok V. Nemzetközi Ergonómiai Konferenciáján elhangzott előadás. Prága, 1984
- [11] Izsó, L.: Isszledovanyije nagyveznosztyi szisztyem cselovek-masina pri pomoscsi kompjutyerszkov szimulacii. 1985, (In:) Matodicseszkoje poszobije po analizu i optimalizacii operatorszkov gyejatynosztyi MGU, Moszkva (megjelenés előtt)
- [12] Umbach, F. W. at al.: A device for the measurement of contrast resolution, spatial and temporal resolution by means of a VDU screen. Proceedings of the first European Display Research Conference. EURODISPLAY' 81. sept. 16—18. 1981. Munich
- [13] Tamura, H.: Accommodation fatigue and spectral spread of phosphor light. Proceedings of the second European Display Research Conference. EURODISPLAY' 84. 117—120
- [14] Grandjean, E. (ed.): Ergonomics and Health in Modern Offices, Taylor Francis, London and Philadelphia, 1984
- [15] Schahmavaz, H.: Visual accommodation changes in VDU-operators related to environmental lighting and screen quality, Ergonomics, 1984. vol. 27. No. 10. 1071—1082