

Ember-gép dinamikus egyensúlya és az ergonómia

Egész sor tudományág, mint a munka fiziológiája, a munkalélektan s az utóbbi időben az ergonómia a legapróbb részletekig menő kutatásokkal próbálja föltárni a munkás és az őt igénybe vevő összetett felszerelések optimális egymáshoz idomításának útját-módját. Megkísérlem tömören bemutatni a gépesítéssel — de különösen a munkafolyamatok távvezérlésével — összefüggő ilyen irányú kutatások során felmerülő fontosabb kérdéseket, valamint az eddig elért eredményeket.

A nyers erőkifejtéstől a bölcs irányításig

A XVIII. század tudósai — a Daniel Bernouilli- és Charles Augustin de Coulomb-féle mozgásegyenletek alapján — már tanulmányozni kezdték az emberi munkából adódó „cselekvésmennyiséget“. A kutatások a fiziológia vonalán fejlődtek tovább, azzal a céllal, hogy a légzés során elhasznált oxigénmennyiség és a fényképezett mozgás elemzése alapján a munkában kifejtett erőfeszítést meghatározzák (Lavoisier, Maupey). Fejlődésének első szakaszával a gépesített munka lépett az emberi motorikus erő helyébe. Az új munkaeszközöket, a gőz- vagy villamos gépeket már nem erőkifejtéssel, hanem irányítással, tehát új szerepkörben hozta mozgásba az ember. Az ipari fejlődés eme szakaszának felelték meg a túlnyomórészt mérnökök (Taylor, Gilberth, Ford) vezetete fiziológiai és pszichológiai kutatások. A kísérletek — a termelékenység növelését a munkaadó érdekei szerint szorgalmazó céllal — arra irányultak, hogy megtalálják a minimális erőkifejtést igénylő összetett mozgások legmegfelelőbb modelljét.

A munka tudományos ésszerűsítésének első kísérletei Taylor nevéhez fűződnek (1890), aki módszerét a munkaműveletek egyszerű, alapvető mozgásaira és a feleslegesek kiküszöbölésére helyezve, kronométer segítségével is megállapíthatta a különböző tennivalók leggyorsabb elvégzésének időtartam-rendszerét. Gilberth tökéletesítette ezt a módszert, főleg használva a munkaműveletekben kifejtett részletmozgások, a mikromozgások fényképezését és filmezését. Ő maga 17 alapvető mozgást határoz meg (például keresés, válogatás, fogás, mozdítás), melyek általában bármely munkatevékenységre jellemzőek. Ugyanezen a kísérleti vonalon haladva, Barnes (1951) meghatározza a leggazdaságosabb mozgások 22 szabályba foglalható alapelveit. E szabályok az élettan matematikai módszereket alkalmazó ágára (biometria), a környezetet, munkahelyet jellemző berendezésre (biomechanika), valamint a gépi felszerelés s a fizikai és szellemi erőfeszítés (ergonómia) kölcsönhatásaira alapozódnak. Mindezeket a zárójelben foglalt aspektusokat tömören így foglalhatnók össze: a munkafolyamatokat oly módon kell megszervezni, hogy a munkás a lehető legkevesebb mozgást és izomkifejtést végezze; mozdulatai

legyenek részarányosak, zökkenésmentesen folyamatosak és határozottan pontosak (Ryan).

Valamennyi említett kísérlet vagy tanulmány különösképpen a motorikus emberi tevékenységre vonatkozott. A termelési folyamatok automatizálásával azonban az ember motorikus feladatait a gép vette át, s az emberre egész sor új tennivaló hárult: a programozás s a gépi felszerelésék irányítása és ellenőrzése.

Ember a kapcsolótáblánál

Az izomerő-kifejtés csökkenésével párhuzamosan új követelmények sokasodnak — a munkás érzékszervi és értelmi szférájában. Az új technikát leginkább az jellemzi, hogy a munkásnak már nincs egyenes, közvetlen kapcsolata az általa feldolgozandó anyaggal; távolról vezérli és ellenőrzi a technológiai folyamatokat kapcsolótáblák vagy vezérlőasztal mellől. A főszerep a kezelőre hárul, arra a foglalkozási ágra, mely kezd mindinkább elterjedtté válni nemzetgazdaságunkban is, különösen a kőolajfinomítás technológiájában, a vegyipari kombinátokban, a villamosművek központjaiban, a vasúti szállításban és másutt.

Íme, a kezelő tevékenységének néhány sajátossága:

a) Információ-szerzés a kapcsoló szerkezeteknél; a technológiai folyamat kifejlését és véghezvitelét, a berendezések szerkezeti működésének fáziselemeit optikai (képernyős) vagy akusztikai (hangtölcséres) úton a jelző- és vezérlő állványok bizonyos ismétlődő sémái alapján közlik a kezelővel. Így tehát a tisztánlátás és figyelem mint különleges igény jelentkezik; a kezelőnek mindent észre kell vennie, ami eltér a megállapított paraméterektől, pillanat alatt fölfognia a rongálódásokat, műszaki zavarokat.

b) Tevékenységi terv alapján a kapott információk feldolgozása; műszaki zavarok esetén a kezelő nemcsak megállapítja az okot, hanem dönt is a helyrehozás módja felől.

c) A vezérlőasztal szerkezetének működtetése (gombnyomás, kapcsolósos műveletváltoztatás és egyéb) nem igényel bonyolult mozdulatokat; mégis, a kezelő egész tevékenysége a teljes idegfeszültség feltételei között zajlik, egyrészt az ellenőrzendő paraméterek nagy száma miatt, másrészt a váratlan helyzetekből adódó és a rendelkezésre álló rövid idő alatt gyors megoldással járó szellemi erőfeszítés következtében; mindehhez járul még a rendkívül magas fokú anyagi és társadalmi felelősség.

Az összetett gépi berendezések távkezelésének feltételei között a kezelő rátermettségének próbái oly annyira összetettek és változatosak, hogy a megfelelők kiválasztásának szokványos pszichológiai és orvosi vizsgálatokkal nem lehet eleget tenni. Középszerűen értelmes ember nem mindig alkalmazkodik megbízhatóan az új munkakörülményekhez. Mint-hogy a középszerű ember fizikai, fiziológiai és pszichikai adottsága korlátozott, szükség van arra, hogy a gépek és berendezések tervezésekor és megépítésekor a mérnök figyelembe vegyen egész sor olyan pszichofiziológiai tényezőt, amely a szerkezetek továbbította információk mennyiségére, feldolgozásuknak szükséges időtartamára, a jelzések monoton-ságával szemben az ember ellenállóképességére és más adottságokra vonatkozik...

E problémák megoldása az *ergonómiára*, arra a tudományra hárul, melynek fő célja a munka és ember egymáshoz idomítása (az angolszász országokban „mérnökpszichológiának” — engeneering psychology — nevezik). Ebben több technológiai, embertani, munkalélektani és munkaszociológiai, orvostani tudományág ötvöződik, ezért is nevezik még „ömlesztett” tudománynak. Országunk egyes kutatói — köztük Miron Constantinescu — felhívták a figyelmet arra, hogy a társadalomtudományok velejáróiként az ergonómiai kutatások a termelési és társadalmi viszonyok összességéből az ember—gép kategória-párt ragadják ki. Ily módon az optimális munkafeltételek kialakításán kívül az ergonómiának a munka személyisége harmónikus fejlődésével is foglalkoznia kell.

Az ergonómiára háruló feladatok (köztük a munka ésszerűsítése) sikeres teljesítése különböző szakemberek: pszichológusok, fiziológusok, antropológusok, szociológusok, mérnökök és mások szoros együttműködését igényli. Az ergonómia a munkást és az általa irányított gépi berendezést egyetlen egésznek, „ember—géprendszernek” fogja fel, amelynek alkotórészeit láncszemek, többszörös közléscsatornák fogják össze. Ez a rendszer a maga egészében egy közös cél eléréseért működik (Leplat).

A korszerű gépek és felszerelések tervezésével kapcsolatban már említettem, hogy a gépkezelő munkások ki vannak téve a szellemi túlterhelésnek és ebből következően — a hibalehetőségeknek. Éppen ezért a balesetveszély elhárításának problémája különösképpen foglalkoztatja az ergonómia művelőit. A géptervezésben optimális megoldásokat keresnek arra, hogy a mutatótábla-szerkezetek és számlapok minél láthatóbbak és leolvashatóbbak legyenek, az irányító szerkezeteket pedig (billentyűk, emeltyűk) könnyen meg lehessen különböztetni.

A géptervezésben jelentősége van a formának is; a számlap-mutatók elhelyezésének, nagyságának, fénykontrasztjának, a szereléfalak és szerkezet-burkolatok színének. Hasonlóképpen kísérleteket igényel az a feladat, vajon hány készüléket kezelhet egyetlen operatőr, s a feldolgozás sebességéhez és a gyors határozathozatalhoz viszonyítva mennyi legyen a kódolható adatok száma?

A hazai kutatások fő irányai

Mindezek a kérdések nemcsak külföldön, hanem hazánkban is élénken foglalkoztatják az ergonómia kutatóit (D. Roşca).

Égetően időszerű a munkás új munkakörülményekhez való alkalmazkodásának problémája, a korai fáradtság és más hasonló jelenségek mélyreható vizsgálata és a káros hatások leküzdésének módja. A kézműiparban a fizikai fáradtság megszokott visszahatásként jelentkezik, a gépesített és automatizált munkában pedig az érzékszervek, az idegrendszer kifáradása állapítható meg a gyakori pszichikai igénybevétel velejárójaként. Sőt mi több, a technológiai folyamatok megosztása bizonyos munkáágakban a rövid időtartamú, gyorsan ismétlődő műveletekre vezetett, például a szalagrendszerhez. Ilyen műveletek során sűrűn jelentkezik az unalomérzet, a pszichikai telítettség, s minthogy a munkás közvetlen cselekvéssel nem vesz részt az összműveletekben, a személyiségének megfelelő törekvéseit kielégítetlennek érzi, és érdektelenné válik.

Az a követelmény, hogy egész gépsorok működését egyetlen ember hangolja össze, és esetenként egyedül döntsön a termelés folyamatosságának helyreállításáért — miként ez az automatizált berendezések kezelőinek esetében történik —, magával hozott egy másik követelményt: a figyelem hosszabb időtartamú fenntartását befolyásoló összes tényezők vizsgálatát, mint például a ritkán, szabálytalan időközökben ismétlődő jelzésekét. Az összes iparilag fejlett országokban kutatások folynak a kezelő személyzet éberségének, gyors felfogó képességének árnyalt feltárására, szoros összefüggésben a műveletekhez tartozó rendkívüli vagy egyhangúan ismétlődő jelzésekkel.

A cselekvőkészség, az éberség magas szintjének fenntartása ugyanis összefügg a gyorsan felfogható jelzések sajátosságaival, a várakozás időtartamával, lehetséges megjelenésükkel. Ily módon a villamos mozdony vezetőjének vagy éppen a monoton utakon robogó sofőrnek az ébersége is tárgya lehet az ergonómiának.

A fáradtság, monotónia, baleset ellen

E kutatások során számos értékes eredményt konkrét megoldásokkal gyümölcsoztettek, például a fáradtság és a monotónia leküzdésében. Különböző iparágakban bevezették a rövid szüneteket, melyeket tornászással, test- és légzőgyakorlatokkal töltenek ki; egyszerű műveleteket komplex műveletekké egyesítettek, hogy a dolgozó érdeklődéssel követhesse nyomon munkaeredményeit; biztosították az optimális munkatempót; növelték a személyi érdekeltséget, s a fáradtság megelőzésére általános intézkedéseket is bevezettek (a munkaszakaszok időtartamának megállapítása, szünetek, váltások megszervezése és egyebek).

Különleges helyet foglalnak el az ergonómiai kutatásokban a balesetek okai és megelőzésük módjai. Ám a kutatók nemcsak a balesetekre figyelnek fel, hanem azokra a téves műveletekre vagy cselekvésekre is, amelyek a teljes vagy félbalesetek eredői. A balesetet előidéző tényezők jól megkülönböztethetőek, például a műszakiak (géphibák, felszerelési elégtelenségek), szervezésiek (ésszerűtlen munkamegosztás, hajráztatás), pszicho-fiziológiaiak (érzékszervi kihagyások, gyengén fejlett képességek túlzott teherpróbája). A sokféle előidéző tényező között szerepel a hőmérséklet, a világítás, a zaj, az oxigénhiány, melyek — bizonyos határértékek között — kedvezőtlenül hatnak ki a munkatevékenységre és hozzájárulnak balesetekhez (Mamali).

A balesetek lélektani okainak árnyaltabb tanulmányozásakor nemrégiben kitűnt, hogy ezeket nem egy-két, hanem több egymásba ható tényező idézi elő, éspedig pszichikai (izgalmi állapot, figyelmetlenség) és helyzeti (például kockázatos, váratlan) tényezők együtt. Hasonlóképpen behatóan vizsgálják a kapcsolatot életkor, munkatapasztalat, alkoholfogyasztás, egészségi állapot között a balesetek okainak feltárásakor.

A mérnökpszichológia egész sor műszaki megoldást javasol a balesetek megelőzésére, köztük: elektronikus riasztószervezeteket, optikai és akusztikai jelzőkészülékeket, egyes gépek és munkahelyek biztonságos szigetelését, a munkavédelmi felszerelések tökéletesítését. Különleges figyelmet érdemelnek az új típusú gépkocsik védőfelszerelései (biztosító öv, biztonságos zárberendezés és fékrendszer). A megelőzésnek igen fontos embertényezője — a válogatás, a szelekció; megfelelő káderek ki-

emelése, készségeiknek tovább formálása a nagy felelősséggel járó munkafolyamatokban. A vizuális agitáció és az írásos propaganda is szerepet játszik (munkavédelmi falragaszok, ábrák, makettek, pontokba foglalt tömör tudnivalók).

Bukaresti és brassói szimpozion

Noha az ergonómiai kutatások az utóbbi években országunk számos iparágában is kibontakoztak, ennek az új tudományágnak a tárgyát, alkalmazásának hatósugarát és módszertanát csak ez év elején elemezték nálunk behatóbban, a bukaresti és a brassói szimpozionokon. Ez alkalommal vitára bocsátottak egész sor értékes ergonómiai munkát, amelyeket jórészt szakemberek összetett csoportjai (orvosok, pszichológusok, szociológusok, mérnökök) állítottak össze. Ily módon vitára, majd alkalmazásra terjesztettek elő egy munkahelyi *ergonómiai kérdőívet*. Az ilyen kérdőív alkalmazása lehetővé teszi a legfontosabb munkahelyi tudnivalók, információk áttekintését, mint például: a tevékenység jellegzetessége, a felszerelés jellege, munkahelyi irányító helyzetek és kezelési módok, a hozzáférhetőség útjai-módjai, a vizuális és auditív jelzések természete, a mikroklíma határfokai, szakmai sajátosságok, a reflexek és az idegi-pszichikai erőfeszítések igénylésének határszintjei, az anyagcsérere kiható erőfeszítések foka, a csoportba való integrálódás és az interperszonális kapcsolatok mértéke és színvonala (Berlogea és munkatársai).

Számos javaslatot terjesztettek elő a munkahelyi felszerelésekkel kapcsolatban is. Mindezek az emberméréstannal (antropológiai ergonómia) és a biometriával függnek össze, mint például: a műhelyek és irodák életkorokra alkalmazott méretezése, az ezekhez kapcsolt részlegek és személyek számának megállapítása. Hasonlóképpen megvitatták a gépek, a kapcsolószekrények és kapcsolóasztalok, valamint a munkahelyi székek és a különböző gördülő- és járművek vezetőfülkéinek méreteit (G. Constantinescu).

Más szakmunkák a gépkocsivezetőknél és a vasúti szállításban alkalmazott személyzetnél észlelt fáradtság-jelenségekkel foglalkoztak, szoros kapcsolatban az olyan káros tényezőkkel, mint például a zaj és a rázkódás.

Rendkívül érdekesnek bizonyult a távolból történő észlelésre alkalmazott készülékkel (teleregisztrátor) végzett kísérletek eredménye. Ezzel sikerült megállapítani bizonyos fiziológiai paraméterek változásait a járatot végző gépkocsivezetőknél (D. Bobic és munkatársai). Ilyenszerű kutatásokat végeztek a vasúti szállító személyzetnél (villamos Diesel-mozdonyvezetők esetében) a fáradtság fokának tanulmányozására (Benetato akadémikus és munkaközössége).

Különös figyelmet fordítottak a gépkocsiszerencsétlenségek okainak, valamint megelőzésük módozatainak elemzésére (orvosi és lélektani vizsgálatokon alapuló személyi válogatás, a vezérlő szerkezetek és ülőhelyek tökéletesítése). Érdekes javaslatok hangzottak el a közutakon jelenleg működő optikai rendszer, a színes jelzőkészülékek módosítására, valamint a járműveknek a hiányos emberi motorikus erőhöz való alkalmazására.

A bukaresti és brassói ergonómiai szimpozionok kiemelték azt a tényt, hogy mérnökeinkre a tudomány e területén sürgető feladatok

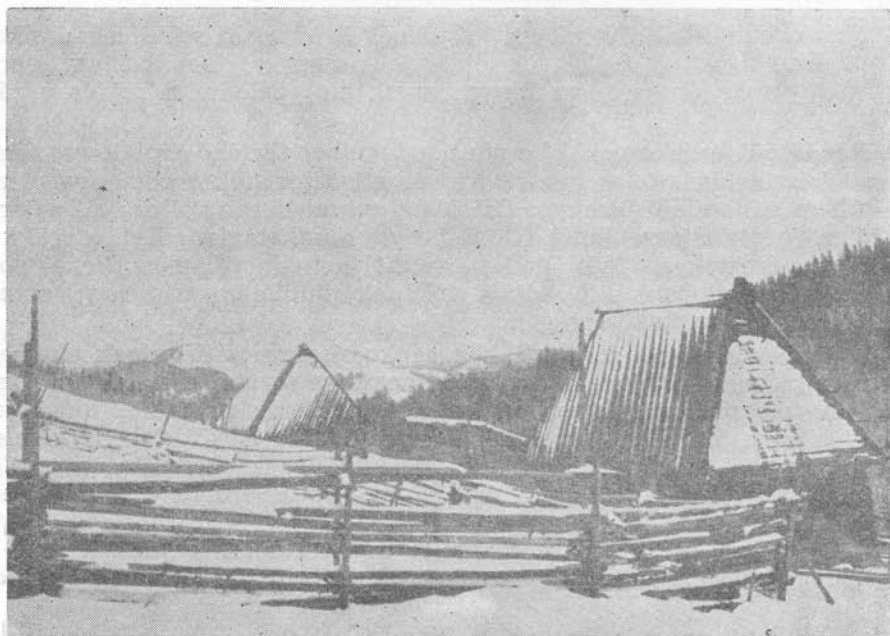
várnak. Megállapították, hogy napjaink gyors műszaki fejlődésének és átalakulásának megfelelően az ember — mint fő tényező — egyre döntőbb szerepet játszik az anyagi javak termelésében. Minthogy a gyors változások üteme meghaladja az emberi funkciók azonnali hozzáidomításának lehetőségét, a termelést csakis az ember és gép dinamikus egyensúlyának fenntartásával biztosíthatjuk.

A két szimpozionon hangsúlyozódott annak szükségessége, hogy az ipar vezető szervei megismerjék az ergonómia alapelveit, s ily módon megkönnyítsék egységeikben az ilyen irányú tudományos tevékenység megszervezését (*Viața economică*, 1968. 9).

*

Úgy véljük, hogy ma az országunkban folyó ergonómiai kutatások fejlesztése bizonyos szervezeti jellegű intézkedéseket igényel, éspedig: 1. az egész nemzetgazdaságra szétágazóan olyan *központi szerv* kialakítását, amely a kutatások fő vonalait meghatározza és az országos ergonómiai kutató tevékenységet összehangolja; 2. időszakos *ergonómiai közlemények* kiadását, valamint a belföldön és külföldön megjelent ergonómiai munkák hozzáférhetővé tételét szakembereink számára; 3. egy egész sor diszciplínában — de különösen a pszichológiában — a *szakemberek* számának növelését; 4. olyan szakosított vállalatok létesítését, amelyek pszicho-fiziológiai kutatásokhoz szükséges *felszereléseket* állíthatnak elő.

Összegezésül: a munkatermelékenység növeléséért és a munkakörülmények jobbátételéért a gépesítés és automatizálás minden szintjén az ember—gép rendszer megjavítása döntő tényező országunk műszaki-tudományos haladásában.



Asztalos Sándor művészfotója