

Výzkum ergonomických rizik a jejich vlivu na spolehlivost výkonu operátorů řídicích center

Ergonomic Risks Research and their Influence on Control Room Operator Performance Reliability

RNDr. Mgr. Petr Skřehot, Ph.D.^{1,3}

Mgr. František Houser²

¹VÚJE Česká republika s.r.o. - pracoviště Praha
Ostrovského 253/3, 150 00 Praha 5

²VÚJE Česká republika s.r.o. - pracoviště Temelín
Jaderná elektrárna Temelín, 373 05 Temelín - elektrárna

³Znalecký ústav bezpečnosti a ochrany zdraví, z.ú. –
pracoviště Praha, Ostrovského 253/3, 150 00 Praha 5
skrehot@vuje.cz, houser@vuje.cz

Abstrakt

V moderních dispečerských pracovištích se setkáváme s rozmanitým spektrem ergonomických rizik, které mohou negativně ovlivňovat také kvalitu a spolehlivost výkonu lidského činitele. Tato rizika jsou spojena zejména s pracovním prostředím a s požadavky na prováděné úkoly. Operátoři jsou tak při práci exponováni zrakové a psychické zátěži, často doprovázené i účinky nevhodných mikroklimatických podmínek. Spolu s tím u nich vzniká také fyzický diskomfort nebo některé projevy sociálních stresorů. Důsledky těchto kumulativních vlivů ovšem nejsou stále příliš prozkoumány, a proto oprávněně vyvolávají řadu otázek. Z tohoto důvodu byl v roce 2014 zahájen specificky zaměřený výzkumný projekt, jehož cílem je vyvinout nové postupy pro hodnocení ergonomických rizik v dispečerských pracovištích zahrnujících také používání složitých rozhraní člověk-stroj.

Klíčová slova

Ergonomie, prevence rizik, dispečerská pracoviště, lidský činitel.

Abstract

There is variety of ergonomic risks in control rooms, which can negatively affect quality and reliability of human factor performance. The risks are associated particularly with work environment and with demands on performed tasks. Operators are exposed to visual and emotional stress during performance what goes often along with impact of unsuitable microclimatic conditions. Thus operators are influenced by physical discomfort or by some features of social stressors. Nevertheless, consequences of these cumulative influences aren't sufficiently explored yet. Then, there arise just many questions. On that account there was launched specifically aimed research project in 2014, its aim is to develop new procedures for control room ergonomic evaluation including sophisticated human-machine interface usage.

Keywords

Ergonomics, risk prevention, control rooms, human factors.

Úvod

V posledních letech je stále častěji upozorňováno na význam kumulativních účinků širokého spektra stresorů a z nich plynoucích psychosociálních a ergonomických rizik [2], které mohou ovlivňovat nejen pracovní pohodlí obsluhy dispečerských pracovišť, ale především spolehlivost jejich výkonu během procesu řízení složitých technologických celků. Od roku 2009 je tato oblast vnímána jako součást tzv. nových rizik (New and Emerging Risks) [3] a od loňského roku je Evropskou agenturou pro BOZP (EU-OSHA) zařazena také do prioritních cílů evropského výzkumu v oblasti BOZP [4]. Jelikož se s otázkami vhodné integrace

lidského faktoru do pracovních systémů moderních dispečerských pracovišť setkáváme také v České republice, byl iniciován projekt s názvem „Hodnocení vlivu pracovního prostředí blokových dozorů průmyslových provozů na spolehlivost výkonu operátorů“. Předložený návrh byl podpořen Technologickou agenturou ČR v rámci druhé výzvy v programu OMEGA, přičemž jeho řešení je vymezeno na léta 2014 až 2015.

V návaznosti na Národní politiku bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ČR [1] si uvedený projekt klade za cíl naplnit zejména její prioritu č. 5, v níž je vyzdvihována potřeba realizovat aplikovaný výzkum zaměřený na prevenci existujících, nových a potenciálních rizik, zvláště pak na pracovištích zvláštního charakteru. Zaměření projektu tak odráží jak cíle zahrnuté ve strategii Evropského společenství (EU) č. KOM(2007) 62 zaměřené na „zvládání nových a stále vyšších rizik“, tak i aktuální celospolečenský apel volající po zvýšení bezpečnosti provozu řady „rizikových“ technologií.

Současný stav řešení problematiky

Inženýrská ergonomie v praxi

O problematice vlivu pracovního prostředí a pracovních podmínek na spolehlivost lidského činitele je sice možno nalézt řadu odborných prací, nicméně praktické nástroje (metodiky), které by umožňovaly provádět alespoň screeningová hodnocení úrovně faktorů pracovního prostředí a jejich možného vlivu na kvalitu lidského výkonu, stále chybí. Určitá pozornost byla doposud věnována vývoji metod a postupů pro posuzování chybění lidského operátora v systémech člověk-stroj [např. 5, 6], respektive posuzování jeho možného selhání v důsledku pracovní zátěže [např. 7, 8, 9]. V obou případech však existující nástroje neberou dostatečný zřetel na vliv pracovního prostředí. Příčinou může být všeobecně zakořeněný mýtus, že otázky pracovního prostředí v dostatečné šíři řeší platná legislativa a technické normativy, a tudíž že není nutno věnovat větší pozornost systému člověk prostředí.

Ovšem ohlasy z praxe hovoří jinak. V chemickém průmyslu je uvedená problematika již delší čas diskutována v rámci nových přístupů pro hodnocení technologických rizik [10, 15]. Obdobná potřeba se v současnosti objevuje také v jaderné energetice a to zejména v souvislosti se zajištěním maximální úrovně bezpečnosti nově budovaných zdrojů (např. JE Mochovce 34, JE Temelín 34, JE Hanhikivi-1 aj.), respektive při modernizaci systémů kontroly a řízení u již provozovaných jaderných bloků. Je potřeba totiž zdůraznit, že řada výrobních technologií (chemie i jádro) je stále řízena prostřednictvím původních řídicích systémů, jejichž ergonomie a uspořádání vychází z návrhů a standardů poplatných době před cca 30 lety. Dnešním potřebám a technickému pokroku proto ne zcela dobře vyhovují, což může vyvolávat řadu problémů, které si odborníci z praxe dobře uvědomují [11, 12]. Výmluvným příkladem může být norma ČSN EN 60964 „Jaderné elektrárny - Dozorní - Návrh“, která byla poprvé vydána v roce 1989, a kterážto ani po svém druhém opraveném vydání prakticky vůbec nezahrnuje požadavky na pracovní stanice operátorů vybavené zobrazovacími jednotkami.

Ergonomické navrhování pracovních systémů

Ze stávající mezinárodní úpravy (např. direktiva SEVESO či předpisy IAEA) tak i z národní legislativy (např. zákoník práce) vyplývá, že zaměstnavatel (podnik) je povinen soustavně vyhledávat nebezpečné činitele a procesy pracovního prostředí a pracovních podmínek, zjišťovat jejich příčiny a zdroje. Na základě toho pak musí vyhodnotit relevantní rizika a přijmout opatření k jejich odstranění. Opatření, která umožní minimalizovat nežádoucí důsledky práce na lidské zdraví a spolehlivost lidského činitele, lze přitom definovat již ve fázi designu daného pracoviště. Tento přístup se odborně nazývá ergonomické navrhování pracovních systémů a aplikuje se zejména pro ta pracoviště, kde dochází (anebo se předpokládá, že bude docházet) ke vzniku psychické zátěže v důsledku náročného mentálního a sensorického výkonu pracovníka anebo jeho interakce se strojem (počítačem) či pracovním prostředím. V obecné rovině tuto záležitost řeší zejména normy ČSN EN ISO 11064-6, ČSN EN ISO 10075-2 a ČSN EN 614-1, které stanoví klíčové požadavky pro optimální využívání schopností člověka při současném respektování jeho omezení a potřeb. To však v praxi vyžaduje provedení analýzy (1) pracovních úkolů, které budou pracovníci na daném pracovišti provádět, (2) účinků všech omezení daného návrhu a (3) vlivu daného návrhu na pracovní prostředí (například hluk, vibrace a jiné stresory). Dispečerská pracoviště proto musejí být navržena tak, aby se brala v úvahu proměnlivost chování obsluhy, náročnost nebo náhlost vykonávaných úkolů a také požadavky na pracovní komfort (pracovní prostředí). Používaná ovládací zařízení pak musejí zohledňovat tělesné rozměry, pracovní polohu, tělesné pohyby, fyzickou sílu, mentální schopnosti a sensorická omezení obsluhy. V úvahu se musí brát také účinky kombinace různých faktorů (například četnosti tělesných poloh a pohybů, trvání operace a celkové trvání práce). Na obsluhu má vliv i pracovní prostředí, které musí být v návrhu také pečlivě řešeno. Návrh se má pokud možno vyhnout poškozujícím účinkům a naopak podporovat usnadňující účinky. Všechny základní prvky systému obsluha-zařízení, jako jsou sdělovače, signály a ovládače, musí být navrženy takovým způsobem, aby umožnily jasnou a jednoznačnou interakci mezi obsluhou a zařízením.

Zvažování výše uvedených hledisek umožňuje určit a ergonomicky zhodnotit související rizikové faktory a zajistit, aby návrh pracoviště a jeho vybavení zahrnoval odpovídající prostředky pro jejich snížení. To následně vede k lepší ochraně zdraví, bezpečnosti, pohodě a spolehlivosti pracovního výkonu operátorů a v konečném důsledku i ke snížení pravděpodobnosti vzniku lidských chyb ve všech fázích životního cyklu daného pracoviště. Ergonomické navrhování řídicích center detailněji řeší norma ČSN EN ISO 11064-6, která obsahuje environmentální požadavky pro tento druh pracovišť. Norma se zaměřuje na:

- Tepelně-vlhkostní podmínky.
- Čistotu pracovního ovzduší.
- Světelné prostředí.
- Akustické prostředí.
- Vibrace.
- Estetiku a návrhy interiérů.

ČSN EN ISO 11064-6 úzce souvisí také s ČSN EN ISO 11064-2 a ČSN EN ISO 11064-3, které popisují uspořádání řídicích center a to z pohledu navrhování přístrojových rozhraní. Environmentální aspekty související s používáním zobrazovacích jednotek jsou pak dále rozvíjeny v ČSN EN ISO 9241-6 a ČSN EN ISO 9241-7. Na základě podrobnější analýzy je ovšem dlužno konstatovat, že v ISO normách řady 11064 a řady 9241 se vyskytuje několik duplicit a mnohdy i protichůdných požadavků. Vlastní „pohled“ pak zavádí normy určené pro blokové dozorní jaderných elektráren, jako například již zmíněná ČSN EN 60964. Je tedy zřejmé, že prostá „technokratická“ aplikace existujících normativů pro návrh nebo hodnocení kvality pracovních systémů dispečerských pracovišť

není v praxi možná. Z tohoto důvodu je tedy nutné vyvinout specializovanou metodiku, která napomůže odstranit existující disproporce či nejasnosti.

Hodnocení faktorů pracovního prostředí

Žádné pracovní místo není stejné a tedy i ergonomická rizika, která se na jednotlivých pracovních místech vyskytují, jsou velmi různorodá. Hodnocení faktorů pracovního prostředí proto nutně vyžaduje komplexní řešení, které musí zahrnovat řadu hledisek. Jedná se ovšem o poměrně složitý úkol, neboť: (1) mnoho zásad a normativních požadavků není definováno dostatečně srozumitelně, jasně a taxativně a (2) aplikace některých normativních zásad má s ohledem na pracovní pohodu obsluhy a spolehlivost výkonu lidského operátora vzájemně antagonistické účinky [13]. Jednotlivé faktory pracovního prostředí totiž mohou ovlivňovat jednání (a tedy i spolehlivost) operátora různým způsobem, přičemž často na operátora působí několik faktorů současně [15]. Vychází tedy otázka, jakým způsobem lze provádět objektivní posuzování vlivu faktorů pracovního prostředí v řídicích centrech? Na tuto otázku se snaží nalézt odpověď právě projekt TD020017, jehož řešení vychází ze dvou klíčových etap:

- 1) Podrobné analýzy odborných podkladů, normativů, standardů a expertních doporučení.
- 2) Provedení terénního šetření na vybraných dispečerských pracovištích s cílem získat relevantní data pro návrh finálních hodnotících checklistů.

Metodika terénního šetření v řídicích centrech

Na základě schváleného harmonogramu řešení projektu, bude sběr dat na vybraných dispečerských pracovištích proveden ve dvou etapách. První etapa bude screeningová a jejím cílem bude odhalit všechny relevantní skutečnosti související s pracovním prostředím, které mohou potenciálně ovlivnit spolehlivost výkonu operátorů. Získané výsledky budou dále použity jako východisko pro návrh cíleně orientovaných hodnotících checklistů, jež budou součástí finální „Metodiky pro posouzení vlivu prostředí a podmínek v blokových dozornách na spolehlivost operátorů“, která bude hlavním výsledkem řešení projektu TD020017. Uvedené checklisty budou verifikovány pomocí opakovaného terénního šetření a následnou interní oponenturou provedenou externími odborníky.

První etapa terénního šetření (screeningová) bude provedena v jedné vybrané blokové dozorné jaderné elektrárně Temelín (ČEZ a.s.) a v jednom až dvou velinech řízení výroby v ústecké Spolchemii (Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a.s.). Vlastní šetření, které proběhne v polovině roku 2014, bude sestávat ze tří částí:

- 1) Měření faktorů pracovního prostředí (tj. ustálený a impulsní hluk, intenzita osvětlení, osvětlenost plochy zrakového úhlu, teplota kulového teploměru, teplota suchého teploměru, rychlost proudění vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, koncentrace oxidu uhličitého a charakteristiky aerosolů v pracovním ovzduší);
- 2) Provedení strukturované ergonomické analýzy pracovních míst (tj. analýza dispozičního řešení dispečerských pracovišť, ergonomická klasifikace zdrojů pracovní zátěže v pracovním systému a posouzení interface);
- 3) Dotazníkové šetření mezi operátory (tj. aplikace dotazníku pro hodnocení zátěže pracovníků faktory pracovního prostředí a dotazníku pro subjektivní posouzení úrovně diskomfortu).

Očekává se, že největší penzum dat potřebných pro návrh výsledných checklistů přinese druhá část šetření, která bude provedena za využití standardizovaných postupů [8, 9]. Bude se jednat o analýzu dispozičního řešení dispečerských pracovišť, ergonomickou klasifikaci zdrojů pracovní zátěže v pracovním systému a posouzení interface.

Analýza dispozičního řešení dispečerských pracovišť bude sestávat z místního šetření skupiny analytiků (ergonom, procesní inženýr, technik BOZP ad.) zaměřeného na posouzení rozmístění vybavení pracoviště, pracovních sedadel, stolových sestav, pracovních pomůcek, estetického řešení velinů apod. Ergonomická klasifikace zdrojů pracovní zátěže v pracovním systému bude provedena podle metody Matoušek-Baumruk [8], která zahrnuje devět skupin zdrojů zátěže. Jejich význam se bude hodnotit pomocí čtyřbodové stupnice sloužící pro odhad úrovně nároků práce a závažnosti ohrožení operátorů zdravotními riziky. Pro posouzení interface, tj. řešení ovládačů, sdělovačů a alarmů, vhodnosti zvoleného počtu, jejich provedení a rozmístění v dispečinku, bude využita metoda HODERG [8] - hodnotící listy č. 2 a 3 (pro manuální ovládače resp. analogové sdělovače) v kombinaci s postupem dle normy ČSN EN ISO 9241-12 (pro digitální ovládače/sdělovače a displeje).

Veškeré získané výsledky budou následně konfrontovány s požadavky technických normativů, respektive s doporučeními uváděnými v odborné literatuře a vyhodnoceny. Budou posouzeny silné a slabé stránky použitých přístupů a na základě těchto poznatků budou navrženy jednotlivé hodnotící checklisty obsahující sady konkrétních atributů anebo matice otázek (podle zaměření jednotlivého checklistu). Další etapa řešení projektu pak bude představovat verifikaci navrženého nástroje, diskuse s kompetentními autoritami a závěrečnou certifikaci metody.

Závěr

Zkušenosti ukazují, že otázkám vlivu pracovního prostředí na spolehlivost výkonu operátorů se doposud nevěnovala náležitá pozornost odpovídající závažnosti tohoto tématu. Na tuto skutečnost ostatně poukazuje také řada odborných prací [13, 14 aj.] a ohlasů z praxe. Z těchto důvodů byl proto iniciován projekt TD020017, jehož řešitelem je společnost VÚJE Česká republika s.r.o. Předmětem řešení tohoto projektu bude kromě hlubšího teoretického studia dané problematiky také provedení série terénních šetření na několika dispečerských pracovištích a to ve spolupráci s vybranými průmyslovými podniky. Cílem bude identifikovat faktory pracovního prostředí, které mohou ovlivňovat výkon (spolehlivost) operátorů a navrhnout způsob jejich hodnocení. Terénní šetření tak bude nutně zahrnovat měření vybraných faktorů pracovního prostředí, provedení ergonomické analýzy pracovních míst, posouzení základního rozhraní člověk-počítač a popis vzájemných vazeb a synergií ve vztahu k psychosociálním rizikům. Získaná data poslouží k návrhu certifikované metodiky, která bude hlavním výstupem projektu. Smyslem této metodiky bude definovat postupy pro provádění rychlého orientačního hodnocení ergonomických aspektů v řídicích centrech s akcentem na spolehlivost a komfort obsluhy. Bude se tak jednat o užitečný manažerský nástroj, který nalezne své využití zejména při IMS auditech, periodických prověrkách bezpečnosti práce nebo při průběžné kontrolní činnosti.

Poděkování

Výsledky publikované v tomto článku vznikly v rámci řešení projektu TD020017 „Hodnocení vlivu pracovního prostředí blokových dozoren průmyslových provozů na spolehlivost výkonu operátorů“, který je finančně podpořen Technologickou agenturou ČR.

Použitá literatura

- [1] *Národní politika bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ČR*. Praha: MPSV. [online]. 2008. Dostupný z WWW: <https://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/systems/files/narodni_politika_CR.pdf>.
- [2] *Guidance on the application of the essential health and safety requirements on ergonomics set out in section 1.1.6 of Annex I to the Machinery Directive 2006/42/EC*. [on line]. Dostupný z WWW: <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guidance-ergonomics_en.pdf>.
- [3] *The human machine interface as an emerging risk*. [on line]. Bilbao: European Agency for Safety and Health at Work. 2009. ISBN-13 978-92-9191-300-8. Dostupný z WWW: <https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/HMI_emerging_risk>.
- [4] Sas, K.; Suarez, A. [et al.]: *Priorities for OSH research in Europe: 2013-2020*. Bilbao: European Agency for Safety and Health at Work. 2013. ISBN 978-92-9240-068-2. Dostupný z WWW: <<https://osha.europa.eu/en/publications/reports/priorities-for-occupational-safety-and-health-research-in-europe-2013-2020>>.
- [5] Havlíková, M.: *Lidský faktor v systémech MMS. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online]. 2009, Vol. 2, No. 1. Dostupný z WWW: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2009/havlikova_lidsky-faktor.html>.
- [6] Skřehot, P.: *Spolehlivost lidského činitele v prevenci závažných havárií*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. Fakulta bezpečnostního inženýrství. Katedra bezpečnostního managementu, 2012. 113 p. (+ 4 přílohy). Vedoucí disertační práce: doc. Dr. Ing. Aleš Bernatík.
- [7] EN ISO 10075-1 Ergonomic principles related to mental work-load - Part 1: General terms and definitions identifies sustained attention as one of the task requirements considered as contributory factor to mental stress.
- [8] Král, M.: *Metody a techniky užití v ergonomii*. Praha: VÚBP, 2001.
- [9] Hlávková, J.; Valečková, A.: *Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik*. [online]. Praha: SZÚ, 2007. Dostupný z WWW: <http://www.szu.cz/uploads/documents/cpl/pracovni_prostredi/Ergonomicke_checklisty_unor2008.pdf>.
- [10] *Report of the OECD-CCA Workshop on Human Factors in Chemical Accidents and Incidents*. ENV/JM/MONO(2008)6. [online]. Paris: OECD. 2008. Dostupný z WWW: <[http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=en/jm/mono\(2008\)6](http://search.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?doclanguage=en&cote=en/jm/mono(2008)6)>.
- [11] Aas, A.L.; Skramstad, T.: A case study of ISO 11064 in control centre design in the Norwegian petroleum industry. *Applied Ergonomics*. 42 (2010). pp. 62 - 70.
- [12] *Case Study: Nuclear Powerplant Control Room Operators. Biological Applications Program*. [on line]. 1996. Dostupný z WWW: <<https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1991/9108/910809.PDF>>.
- [13] Ivergard, T.; Hunt, B.: *Handbook of Control Room Design and Ergonomics: A Perspective for the Future*. 2nd ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2009. 371 s. ISBN 978-1-4200-6429-2.
- [14] Salvendy, G.: *Handbook of human factors and ergonomics*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. 1654 s. ISBN 978-0-471-44917-1.
- [15] *OECD-CCA Workshop on Human Factors in Chemical Accidents and Incidents, Proceedings*, 2007.