

Použití metody Human HAZOP při redukci chyb operátorů

Článek pojednává o možnostech analýzy vlivu spolehlivosti operátorů na kvalitu výroby. Upozorňuje na zkušenost, že přidání dodatečných kontrol často vede k nárůstu pravděpodobnosti selhání operátora.

V každém reálném výrobním procesu vznikají odchylky a neshody, které nedovolují dosáhnout maximálního teoretického výkonu výrobního zařízení. Je zřejmé, že některé ztráty ve výrobě nelze odstranit úplně, ale většinu těchto ztrát je možné významně omezit nebo i zcela vyloučit. Lidský činitel je přitom jedním z nejvýznamnějších prvků výrobního procesu ovlivňujících výslednou kvalitu výrobků, které se dostávají ke konečným spotřebitelům. Zároveň je složkou, která je při převládajícím důrazu na technickou stránku spolehlivosti často zanedbávána.

Obecně se odhaduje, že asi 30 % všech chyb v průmyslové výrobě je způsobeno selháním lidského činitele. Některé zdroje uvádějí, že tato hodnota dosahuje až 50 %, a v jaderné energetice dokonce až 90 %. V každém případě jde o jednu z hlavních příčin chyb, které je přitom věnována celkem minimální pozornost.

Přehledy výsledků analýz neshod soustavně ukazují, že lidský faktor hraje při jejich vzniku, i při shora naznačeném značném rozptylu odhadů, velmi významnou roli. Pro-

to je důležité identifikovat potenciální lidské chyby a zmenšovat pravděpodobnost selhání lidského činitele. Cesta k řešení tohoto problému vede přes analýzu spolehlivosti lidského činitele.

Legislativa

Analýza vlivu lidského činitele se stává v ČR jednou z významných součástí analýzy rizik závažné průmyslové havárie.

Analýza vlivu obsluhy je legislativou vyžadována v případě analýzy rizik významných zdrojů rizika podle zákona č. 59/2006 Sb., o prevenci závažných havárií (podle přílohy I vyhlášky č. 256/2006 Sb. by měla analýza rizik také obsahovat výsledky a postup posouzení vlivu spolehlivosti a chybování lidského činitele v souvislosti s relevantními zdroji rizik). Konkrétní požadavky na posouzení vlivu lidského činitele jsou obsaženy v metodickém pokynu č. 5 odboru environmentálních rizik ministerstva životního prostředí.

Dále je třeba se touto problematikou zabývat podle legislativy související s technic-

kou bezpečností zařízení [1]. Uvedená evropská norma je vodítkem pro konstruktéry strojních zařízení nebo jejich částí při posuzování bezpečnostních rizik spojených se strojním zařízením při často opakované ruční manipulaci. Obsahuje přehled metod k posuzování rizika a návody k jeho možnému snižování.

Výrobní proces

Mezi požadavky kladenými na operátory (pracovní podmínky, pracovní postupy) a mezi schopnostmi člověka vykonávat tuto práci musí být minimálně vzájemná rovnováha.

Jestliže se vyskytnou případy, kdy je tato rovnováha narušena, obvykle je výsledkem pokles pracovní výkonnosti. Činitele, které ovlivňují výkonnost člověka při vykonávání jisté práce, lze rozdělit na subjektivní (věk, kvalifikace, únava apod.) a objektivní (plynulost výrobního procesu, vliv pracovního prostředí, směnnost atd.).

Speciální kategorií práce je práce monotónní s přesnou svalovou koordinací. Jde o tělesnou práci, kdy statická složka slouží k udržování pracovní polohy při práci a dynamická práce je vykonávána malými svalovými skupinami svalů ruky. V krátkém časovém intervalu se pravidelně opakuje omezený počet pohybů, což vyžaduje přesnost a jemnou svalovou koordinaci. Souhra pohybů končetin je nezbytná a klade velké požadavky na manuální zručnost.

Právě monotónní práce může být významným faktorem jak z hlediska rizik (např. při manipulaci s nebezpečnými látkami), tak i z hlediska výkonnosti pracovníků a efektivit výroby.

Prevence selhání

Z uvedených důvodů a protože nejsou známy metodické postupy pro danou oblast, je pro analýzu chyb vlivem lidského selhání a návrh a zavedení opatření bránících jejich výskytu vytvořena metodika zobrazená na obr. 1. K podpoře činností (v levém sloupci) jsou jako součást metodiky vybrány vhodné metody (v pravém sloupci na obr. 1).

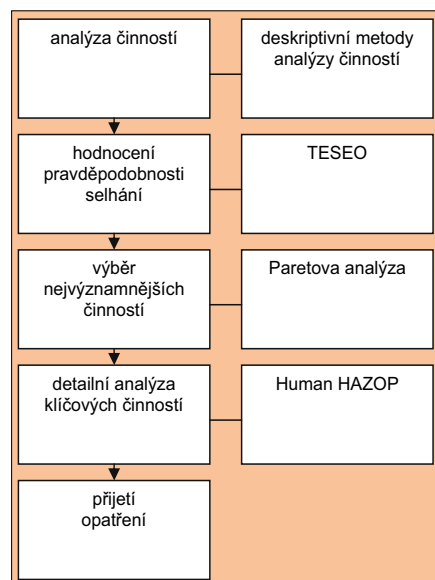
Podle metodiky se v prvním kroku provádí analýza činností, která je nezbytná pro přesnou analýzu lidských selhání a pro analýzu faktoru formování výkonnosti. Oba faktory hrají hlavní roli v příspěvku k riziku způsobenému lidským selháním. Kvalitativní ana-

Tab. 1. Pravděpodobnostní parametry selhání operátora podle metody TESEO

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	jednoduchá, rutinní		0,001
		vyžadující pozornost, rutinní		0,01
		neobvyklá		0,1
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	doba pohotovosti (s)	2	10
			10	1
			20	0,5
			3	10
K_2	přechodný stresový faktor pro mimořádné činnosti		30	1
			45	0,3
			60	0,1
K_3	kvality operátora	dobře vybraný, expert, školený		0,5
		průměrné znalosti a školení		1
K_4	vliv úzkosti a stresu	závažná nepředvídaná situace		3
		nepředvídaná situace		2
		normální stav		1
K_5	vliv ergonomie	vynikající mikroklima i koordinovanost s provozem		0,7
		dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1
		slabé mikroklima, slabá koordinovanost s provozem		3
		slabé mikroklima, chabá koordinovanost s provozem		7
		špatné mikroklima, chabá koordinovanost s provozem		10

lýza již přinese množství informací, které mohou být pro zadavatele přínosné. Odhalí slabá místa systému, neumožní však ocenit jejich významnost.

K hodnocení pravděpodobnosti selhání je určena metoda expertního kvalitativního hodnocení lidského selhání známa jako metoda TESEO (*Tecnica Empirica Stima Error*).



Obr. 1. Vývojový diagram navrženého metodického postupu (vlevo činnosti, vpravo podpůrné nástroje)

ri Operatori, tj. empirická metoda pro odhad chyb operátorů), kterou navrhli v roce 1980 autoři G. C. Bello a C. Columbori. Metoda TESEO se řadí mezi screeningové metody. Jejím nedostatkem je, že z mnoha faktorů ovlivňujících spolehlivost obsluhy, bere v potaz pouze pět základních. Nejde však o nedostatek principiální.

Podle metody TESEO je pravděpodobnost selhání operátora vyjádřena jako součin pěti vybraných faktorů K_1 až K_5 , které jsou charakterizovány a ohodnoceny konkrétními hodnotami. Vybranými faktory jsou:

- typ činnosti,
- časové vytížení a stresovost,
- osobní kvality a schopnosti operátora,
- vliv pracovního prostředí,
- únava.

Hodnoty jednotlivých faktorů uvažované pro vybrané případy pracovní činnosti jsou uvedeny v tab. 1. Je-li výsledný součin větší než jedna, je uvažována pravděpodobnost selhání blíží se jedné – tedy selhání téměř jistě nastane.

Dále se ze všech činností Paretovou analýzou vyberou kritické činnosti. Ty jsou dále podrobně analyzovány metodou Human HAZOP (metoda HAZOP modifikovaná pro odhalování možností selhání lidského činitele). Důležitý přínos studií HAZOP spočívá v tom, že výsledné znalosti získané při strukturovaném a systematickém zjišťování

dobnost selhání operátora s kontrolorem může být někdy i větší než pravděpodobnost selhání samotného operátora. Přidáním kontrolora tedy vlastně může vzrůst pravděpodobnost selhání operátora (pro ztrátu motivace – jestliže selže, někdo mě opraví). Mnohem úspěšnější strategie je střídání zaměstnanců.

Tab. 2. Vodicí slova v metodě Human HAZOP a jejich význam

Vodicí slovo	Význam
NEPROVEDENO	činnost neprovedena
OPAKOVÁNO	činnost provedena vícekrát
MÉNĚ	činnost provedena méněkrát nebo s menší intenzitou
VÍCE	činnost provedena vícekrát nebo s větší intenzitou
DŘÍVE	činnost provedena dříve
POZDĚJI	činnost provedena později
TAKÉ	provedena ještě jiná činnost
OBRÁCENĚ	nedodržena správná posloupnost činností
JINÝ NEŽ	provedena jiná činnost
ČÁST	činnost provedena částečně

potenciálních problémů týkajících se spolehlivosti lidského činitele jsou velkou pomocí při navrhování vhodných opatření k nápravě (prevence chyb). Základem studie Human HAZOP je vyšetřování odchylek od správných pracovních postupů při použití tzv. vodicích slov (tab. 2). V závěru jsou na základě závěrů metody Human HAZOP určena potřebná preventivní opatření.

Závěr

Příspěvek upozorňuje na možný způsob řešení problematiky stanovení vlivu lidského činitele na kvalitu produkce. Rozbor možných selhání operátora v rámci jednotlivých pracovišť vede k odhalení slabín ve výrobě a následné využití získaných poznatků je cestou k poklesu celkového počtu neshod.

Celkovým výsledkem analýzy je např. určení klíčových pracovišť (nasazování nejzkušenějších zaměstnanců), souhrn požadavků na selektivní zvýšení úrovně pracovního prostředí, optimalizace časové náročnosti jednotlivých pracovních činností atd. a současně také seznam nápravných opatření odvozených pomocí metody Human HAZOP.

Zde je ovšem třeba ještě zmínit nejčastější chybu, k níž dochází ve snaze zmenšit pravděpodobnost selhání obsluhy a kterou je přidání dodatečných kontrol. Platí totiž, že pokud operátor ví o kontrole, pracuje méně spolehlivě. Výsledná pravděpo-

Literatura:

- [1] ČSN EN 1005-5 (833503) *Bezpečnost strojních zařízení. Fyzická výkonnost člověka. Část 5: Posuzování rizika velmi často opakované ruční manipulace*. Český normalizační institut, Praha, 2008.
- [2] –: *Inherently Safer Chemical Processes. A Life Cycle Approach Second Edition* Center for Chemical Process Safety. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2009, ISBN 978-0471-77892-9.
- [3] KOTEK, L.: *Analýza a redukce chyb obsluhy vybraných zařízení*. In: Sborník 2 – V. sympozium – 54. konference chemického a procesního inženýrství – Údržba, zvyšování bezpečnosti a předcházení ztrátám v chemickém průmyslu – CHISA 2007. Srní, 2007, s. 16, ISBN 80-86059-47-2.
- [4] KIRWAN, B.: *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. Taylor and Francis, London, 1994, ISBN 0-7484-0052-4
- [5] –: *ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, 2002.

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.,
prof. Ing. František Babinec, CSc.,
ústav metrologie a zkušebnictví, Fakulta
strojního inženýrství VUT v Brně
(kotek.l@fme.vutbr.cz)

Článek vznikl na základě příspěvku *Použití metody Human HAZOP při analýze spolehlivosti obsluhy předneseného* autory na konferenci TD 2009 – Diagon 2009, Zlín, květen 2009.

► Workshop IFAC o systémech s dopravním zpožděním

Příští rok, 7. až 9. června 2010, se bude v Praze konat v pořadí devátý mezinárodní workshop IFAC věnovaný systé-

mům s dopravním zpožděním. Jeho cílem je umožnit osobní výměnu informací mezi odborníky na tyto systémy, ať už se zabývají jejich teorií, výpočetními metodami nebo jejich řízením v praxi. Zvýrazněná témata daného oboru jsou: modelování a identifikace; stabilita a stabilizace; robustnost; filtrování a estimace; řídicí algoritmy; systé-

my nekonečného řádu; numerické metody; algebraické metody; užití v praxi (technika, fyzika, biologie, ekonomika).

Pořadatelé uvítají jak zájemce o účast, tak sponzory, kteří by chtěli pořádání tohoto workshopu podpořit. Bližší informace jsou dostupné na <http://tds2010.fs.cvut.cz>.

(Bk)