

Jak zvyšovat spolehlivost lidské obsluhy

Luboš Kotek, Martina Vohralíková

Selhání obsluhy je jednou z nejčastějších příčin vzniku mimořádných událostí ve výrobních procesech, od drobných provozních závad až po závažné havárie. V příspěvku je uvedena definice chyby obsluhy použitelná v praxi, je stručně představen současný pohled na problematiku spolehlivosti obsluhy průmyslových zařízení a jsou připomenuty hlavní cesty a metody umožňující zmenšit riziko vzniku chyby v důsledku selhání lidského činitele v dané oblasti.

1. Chyba lidského činitele

Obecně se odhaduje, že příčinou asi 30 % všech mimořádných událostí (nehod), k nimž dochází v průmyslových provozech, je selhání lidského činitele. Některé zdroje uvádějí, že tato hodnota dosahuje až 50 %, a v jaderné energetice se podle některých analýz pohybuje dokonce až okolo 90 % [1]. V každém případě jde o jednu z hlavních příčin nehod, které většinou není věnována dostatečná pozornost.

Podle statistik vytvořených na základě údajů získaných z francouzských energetických zařízení patří mezi nejčastější příčiny nehod:

- omyl (např. chybná manipulace s ventily),
- koroze,
- chybná správa (management) změn,
- chybná identifikace zařízení (např. záměna zařízení),
- porušení svarů,
- chyba při údržbě (např. neuvedení zařízení do původního stavu),
- opomenutí určité činnosti (např. nebyl zkontrolován stav zařízení),
- chyby v nastavení a při měření (např. špatně nastavené regulační členy),
- chyby v pracovních postupech a uživatelských příručkách,
- poruchy ze společných příčin (např. *black-out*).

Jako další významné příčiny se často uvádějí např.:

- jazyková bariéra (např. angličtina jako druhý jazyk),
- neporozumění instrukcím nebo postupům,
- chyby při lokalizaci zařízení,
- chyby v důsledku nedostatku zkušeností,
- nepřiměřené pracovní tempo (příliš pomalé nebo příliš rychlé),
- nedostatek informací,
- vliv prostředí,

- nedostatečné schopnosti,
- stres,
- nedostatečná motivace.

Obvykle se jako chyba lidského činitele označují všechny jevy a události, při nichž *plánovaná sekvence duševních nebo fyzických činností nemá požadovaný (zamýšlený) efekt a kdy výsledné selhání nelze přičíst působení nějakého náhodného činitele.*

Při takto obecném pojetí se ovšem může stát, a v některých studiích k tomu dochází, že jako chyba lidského činitele jsou označovány např. i poruchy zařízení (člověk pře-

2. Lidské chyby v systému

2.1 Anatomie nehody

Při studiu spolehlivosti lidského činitele je důležité si uvědomit, jakým způsobem dochází k mimořádným událostem, tj. poruchám, nehodám až haváriím (obr. 1).

Porucha nastane, když v normálně fungujícím systému vznikne nepředvídaná chyba. Není-li tato chyba okamžitě odstraněna, systémem přejde z normálního stavu do stavu abnormálního. V něm se lidé nebo automatika

mohou pokusit poruchu řídit. Jestliže selže i tato možnost, systém vstoupí do stavu, kdy je mimo kontrolu, tzn. že možnost havárie závisí pouze na náhodě. Tento stav může nastat pouze v případech, že nejsou určeny meze, uvnitř kterých může systém pracovat [1].

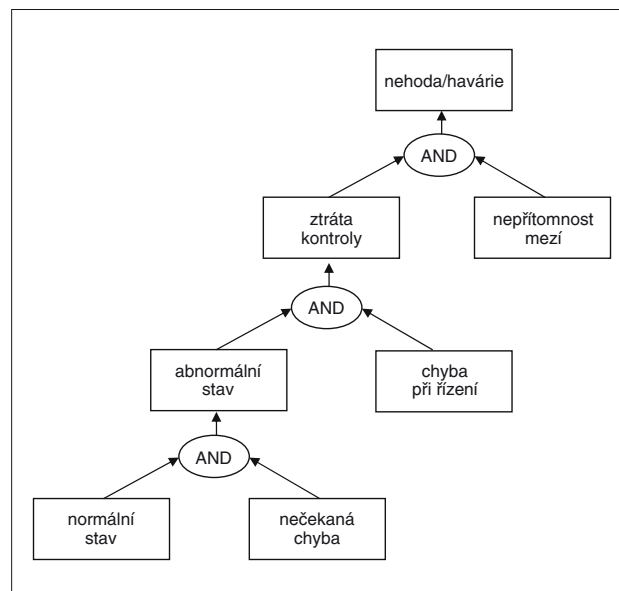
U *technických prostředků* lze z hlediska jejich spolehlivosti uvažovat o určitém zatížení spojeném s pomalou, ale nepřetržitou degradací, končící až chybou funkcí nebo poruchou zařízení. Pro chyby *softwaru* je typická nepřítomnost postupné degradace související s opotřebením. Parametry jsou sice neustále konstantní,

ale náhlé změny ve vstupních podmínkách a vnitřní stav systému mohou vést k náhlému selhání.

Nejsložitější částí systému jsou *lidé*, jejichž vlastnosti mají proměnný charakter. Výkon se neustále mění, degradace není postupná – lidé někdy pracují lépe a někdy hůře. Změny úrovně jednotlivých charakteristik člověka (schopnost automatizované činnosti, schopnost vnímání, schopnost řešit problémy atd.) nejsou předvídatelné. Situaci dále komplikuje nezbytná kooperace jednotlivých osob na pracovišti.

2.2 Četnost lidských chyb

Na základě Rasmussenovy taxonomie lidských chyb [2] lze přibližně stanovit rozsah pravděpodobnosti selhání obsluhy zařízení,



Obr. 1. Vývoj havárie v systému

ce dané zařízení navrhl a vyrobil). Takovýto přístup však nevhodně zkrlesluje hodnocení úrovně připravenosti provozního personálu obsluhujícího zařízení a brání zlepšování zařízení a investicím do něj.

Na základě Kletzovy taxonomie [3] byla proto autory článku navržena a je jimi používána následující užší definice chyby obsluhy: *Chyba obsluhy je chyba v jednání zaměstnance, který neúmyslně, omylem nebo opomenutím přivede zařízení do abnormálního stavu.* Jde o definici, která mnohem přesněji vymezuje, co lze považovat za chybu lidského činitele, a co nikoliv. Mezi chyby obsluhy se tedy nezařazují teroristický akt, krádež, zamýšlené poškození zařízení, náhlá indispozice zaměstnance, porucha zařízení atd., ačkoliv svým způsobem jde také o selhání lidského faktoru.

Na co se soustředit při předcházení chybám lidského činitele

Správně komunikovat: Při rutinních činnostech klesá účinnost komunikace. Sdělující osoba začne předpokládat, že význam jejího sdělení musí být „přeci“ každému jasný. Dále se např. pro různé činnosti a zařízení začínou používat slangová označení srozumitelná jen úzké skupince přímo zainteresovaných pracovníků. Nejednoznačnost použitých výrazů v kombinaci s podmínkami nepříznivými pro komunikaci (hluk na pracovišti apod.) vytváří výraznou bariéru přenosu informací. Problém nabývá na významu zejména při potřebě udílet přesné pracovní pokyny. Chybám lze předcházet opakovaním instrukcí a zavedením zpětné vazby.

Přijímat správné pracovníky: Při výběru co nejhodnějších pracovníků pro daný typ činnosti je důležité postupovat pokud možno objektivně, např. s použitím testů.

Poskytovat zaměstnancům výcvik: Výcvik je vhodná metoda k pravidelnému zdokonalování schopností, znalostí i dovedností pracovníků. Někdy je třeba použít i tzv. přeučení, tedy úplné zautomatizování činnosti. Ve fázi výcviku má lidská chyba i pozitivní účinek. Je-li možné se poučit ze svých chyb, je proces učení neúčinnější. V provezech s nejvyšší mírou rizika se používají simulátory, které umožňují realizovat zpětnovazební proces získávání poznatků při současném vyloučení negativních důsledků chyb a omylů.

Posilovat správné pracovní návyky a dbát na správné řízení (management) změn: Zde může jít o nedodržování provozních předpisů, použití provizorních a rychlých řešení bez zvážení dopadu změn na celý proces nebo oddalování řešení problému. Někdy je tento stav způsoben tlakem vedení na rychlé vykonávání pracovních činností [6].

Důsledně plánovat veškeré činnosti: Někdy vznikají chyby v důsledku neuvážených rozhodnutí vedoucích pracovníků, kteří podcení množství času, prostředků (včetně jejich kvality) a práce potřebné k řádnému vykonání dané činnosti.

Nepřetěžovat pracovníky: Pravděpodobnost výskytu chyby je daleko větší při práci v noci než při práci ve dne. Chyby jsou také čtenější během asi jedné hodiny po střídání směn a po přestávkách na jídlo u všech směn. Zdaleka nejnižší je spolehlivost při práci přesčas. Problém lze řešit vykonáváním činností s vážnými důsledky v té části dne, kdy je lidská chyba nejméně pravděpodobná, a jejich zadáváním odpočínutým pracovníkům.

Bránit vzniku stresu: Jestliže pracovník ví, že jeho činnost je velmi důležitá a její nesprávné vykonání může způsobit významné škody, pravděpodobnost jeho selhání vzroste.

Zlepšit rozhraní člověk-stroj: Nedostatečná nebo nesprávná informace, tj. štítky s nesprávnými údaji nebo vůbec chybějící, nestandardní signalizace, nesprávná stupnice měřicího přístroje, používání několika různých měřicích jednotek pro jednu a tutéž fyzikální veličinu atd., to jsou přímo „objednávky“ lidských pochybení. K jejich redukování jsou vhodné skupinové revize procesu.

Řádně udržovat písemnou dokumentaci: Chyby a nepřesnosti v pracovní dokumentaci jsou jednou z nejčastěji uváděných kořenových příčin zodpovědných za problémy s lidským faktorem. Ke snížení rizika vzniku mimořádných událostí je užitečné vykonávat skupinové revize postupů a instrukcí.

Eliminovat vlivy prostředí: Spolehlivost obsluhy poklesne při zhoršení osvětlení, nárůstu nebo poklesu teploty a vlhkosti ovzduší apod. Riziko vzniku chyb se omezí pravidelnou kontrolou pracovních podmínek.

Optimalizovat míru využití automatizace (nedostatek – přebytek): Automatizační prostředky by měly být využívány k vykonávání pravidelných rutinních činností a k rychlému překonávání nebezpečných stavů. Úlohou obsluhy je především dohlížet, rozhodovat v nestandardních situacích a vykonávat specializované podpůrné činnosti. Při nadměrné automatizaci se projevují tzv. *paradox automatizace*, tj. nárůst četnosti chyb obsluhy. Příčinou je odtržení člověka od řízeného procesu, zahlcení informacemi a ztráta soustředění.

Umožnit rozpoznat chyby: Pracovník by měl mít možnost snadno zjistit, v jakém stavu se proces nachází, a sledovat vliv své činnosti na chod procesu.

Správně motivovat: Pracovníci musí mít pocit, že jsou za svou práci dobře odměněni. Každý člověk chybí, a proto by pracovník neměl být vždy, za jakoukoliv chybu, neuváženě postihován.

Počet pracovníků snižovat obezřetně: V současné době, zaměřené na neustálé zvyšování efektivity a snižování nákladů, někdy dochází k poddimenzování počtu pracovníků obsluhy. Potom může nastat stav, kdy obsluha nezvládá všechny aspekty své práce a pouze dodatečně řeší vzniklé problémy.

nová pravidla řešení problému s využitím analytického myšlení a znalostí – pravděpodobnost vzniku chyby je asi 10^{-2} až 10^{-1} .

3. Nový pohled na lidské chyby

Protože chování člověka nelze zcela spolehlivě předvídat, je lepší s lidskými chybami počítat. Připustí-li se tento základní fakt, je třeba se jednak pokusit minimalizovat pravděpodobnost selhání a jednak zvýšit ergonómičnost zařízení, ale už ne pouze přizpůsobit zařízení potřebám člověka, ale vytvořit takový systém, který pracovníkům zabrání dělat chyby.

Zde je třeba připomenout tzv. *paradox automatizace*, kdy v důsledku zavedení automatizační techniky se mění charakter poruch zařízení a také – v důsledku zvýšení zátěže obsluhy a zhoršení její schopnosti využít dostupné informace – charakter a četnost výskytu lidských chyb. Při nadměrném nebo nesprávném využívání automatizační techniky lze očekávat růst pravděpodobnosti selhání obsluhy.

4. Redukce vlivu chyb lidského činitele

Je-li třeba omezit četnost a závažnost chyb obsluhy, lze se ubírat v zásadě třemi cestami, jimiž jsou:

- eliminace,
- prevence,
- represe.

Eliminace rizikové činnosti lze dosáhnout tím, že daná činnost jako taková nebude vykonávána nebo se použije jiný princip. Jít cestou eliminace je neúčinnější, v některých případech však pouze přijatelné, protože daná činnost prostě musí být vykonána.

Jít cestou *prevence* chyb znamená vytvořit soubor technických a organizačních opatření, která zmenší pravděpodobnost vzniku chyby a tím zvýší spolehlivost lidského činitele. Jestliže se použije např. metoda Poka-Joke [4], může být tento krok poměrně jednoduchý a levný.

K *represi*, tedy omezení následků selhání lidského činitele, je nutné sáhnout tehdy, není-li předchozí krok (prevence) dostatečně účinný. Represe spočívá např. v kontrole důležitých činností nebo zařazení tzv. donucovací funkce (zabrání se pokračování určitého jednání nebo chování do vyřešení problému).

V praxi se již zmíněné principy redukce lidských chyb různě kombinují. Na co se v praxi zejména soustředit při předcházení chybám lidského činitele, připomíná zvýrazněný text. Další podrobnosti lze nalézt v uváděné literatuře.

5. Závěr

Každý člověk dělá chyby a povinností zaměstnavatele je snažit se lidské chyby eliminovat nebo alespoň podstatně zmenšit pravděpodobnost jejich vzniku. U každé činnosti by

a to v závislosti na typu vykonávané činnosti. Rozlišují se:

- *činnosti založené na dovednostech:* člověk vykonává pouze nacvičené úkoly, a to automaticky, aniž by se na ně musel vědomě soustředit – pravděpodobnost vzniku chyby je asi 10^{-4} až 10^{-2} ,
- *činnosti založené na pravidlech:* člověk

používá dobře známá pravidla, musí se soustředit na klasifikaci situace a rozpočítat se na postupy – pravděpodobnost vzniku chyby se pohybuje v rozmezí 10^{-3} až 10^{-1} ,

- *činnosti založené na znalostech:* člověk nemá pro danou situaci vytvořena žádná schémata chování, a musí tedy vytvářet

měly být zváženy a zmírněny negativní vlivy na spolehlivost obsluhy v co nejvyšší možné míře. Nejvýhodnějším řešením je navrhnout proces v samotném jeho jádru tak, aby možnost vzniku lidské chyby či šíření jejích důsledků do okolí byla když ne vyloučena, alespoň minimalizována.

Literatura:

- [1] HOLLNAGEL, E.: *Human Reliability Analysis: Context and Control*. Academic Press Inc., London, 1993.
- [2] KIRWAN, B. A.: *Guide to Practical Human Reliability Assessment*. Taylor & Francis Ltd., London, 1994.
- [3] KLETZ, T.: *An Engineer's view of human error*. Institution of chemical engineers, Rugby, 1991.
- [4] KOGYO SHIMBUN, N.: *Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects: Improve Your Product Quality*. Productivity Press, 1989.
- [5] KOTEK, L.: *Analýza spolehlivosti lidského činitele*. In: Sborník přednášek konference Aprocem 2003, Milovy, PCHE, 2003, s. 515–518, ISBN 80-02-01575-4.
- [6] KOTEK, L. – PUSKEILEROVÁ, L. – FAJMONOVÁ, L.: *A discussion of change management as a tool of safety management*. In: 16th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2004, Praha, ČSCHL, 2004, ISBN 80-86059-40-5.
- [7] 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.

- [8] ŠTIKAR, J. et al.: *Analýza lidských chyb vedoucích k nehodám*. Fakulta sociálních věd UK, Praha, 2006.

Ing. Luboš Kotecký,
ústav metrologie a zkušebnictví,
Fakulta strojního inženýrství,
Vysoké učení technické v Brně
(lubos.kotek@post.cz),
Mgr. Martina Vohralíková,
Filozofická fakulta,
Masarykova univerzita, Brno
(martina.vohralikova@seznam.cz)

Českomoravská společnost pro automatizaci

Hlavním nástrojem zvyšování produktivity a kvality strojírensky orientovaných výrobních procesů, a to jak u velkých výrobců, tak u středních a malých firem, je automatizace. V podstatě všechny rozvíjející se výrobní obory v České republice založily svůj úspěch na důsledném využívání možností automatizace a informační techniky. Podmínkou úspěšného zavádění a efektivního využívání automatizace je existence schopných a zkušených odborníků, inovačních projektově-realizačních firem a vzdělávacích institucí.

Českomoravská společnost pro automatizaci (ČMSA) sdružuje fyzické a právnické osoby působící v oblasti automatizace strojírenských výrobních procesů nebo se zajímající o tuto problematiku. Členy společnosti jsou projektanti, vývojoví pracovníci, pedagogové, manažeři, projektové a realizační firmy, odborné školy apod. Svůj program ČMSA uskutečňuje v přímé součinnosti s pedagogickými a vývojovými vysokoškolskými pracovišti, a to s ústavem výrobních strojů a mechanismů Fakulty strojní ČVUT v Praze, ústavem výrobních strojů a systémů Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně, Západočeskou univerzitou v Plzni, ústavem mechatroniky a technické informatiky Fakulty mechatroniky TU Liberec, katedrou robototechniky Fakulty strojní VŠB-TU Ostrava, Fakultou metalurgie a materiálového inženýrství VŠB-TU Ostrava a Technickou fakultou ČZU Praha.

Pro své členy a technickou veřejnost společnost organizuje odborné akce, které mají za cíl oslovit specialisty a manažery. Jsou předávány informace o nejnovějších poznatcích, trendech a realizacích v oblasti automatiza-

ce výroby a montáží. Jednou z osvědčených podob jsou firemní prezentace. Náplní těchto prezentací je teoretické i praktické seznámení s nabízenou produkcí firem dodávajících komponenty pro stavbu automatizovaných pracovišť a linek. Jde o řídicí techniku, pneumatické prvky, hydrauliku, pohony, robototechniku, mechatronické soustavy, nástroje, měřicí přístroje, diagnostiku atd.

Dobrou odezvu mají konstrukčně-technologické semináře věnované určité technologii,



Obr. 1. Stánek ČMSA na veletrhu For Industry

např. tváření, obrábění, svařování, montáží, měření atd., a způsobům řešení automatizovaných pracovišť nebo vyšších celků pro tyto technologie. Na semináře jsou zváni i zahraniční specialisté.

Tematické exkurze, které společnost organizuje pro své členy, napomáhají rozšiřovat znalosti a přenášet poznatky z různých oblastí automatizace. K řešení netradičních automatizačních úkolů z praxe jsou určeny „kulaté stoly“, kde se setkávají odborníci z výzkumných a vývojových pracovišť se zástupci výroby.

Významnou aktivitou společnosti je působení na výchovu nových odborníků prostřednictvím vlastní pedagogické činnosti na střed-

ních školách, vyšších odborných školách a na vysokých školách a rovněž vydávání odborných publikací pro jejich výuku.

Příkladem činnosti společnosti je organizace již tradičního semináře Milníky a ukazatele automatizace, pořádaného při Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně. Z odborných výstav lze uvést veletrh For Industry, který je organizován za odborné garance ČMSA. Připravuje se účast na veletrhu robotiky a automatizace Automatica v červnu 2008 v Mnichově. Osvědčilo se organizování mezinárodní doktorandské konference Automatizace výrobních strojů. Pod vedením doc. Ing. L. Maixnera, CSc., byla vydána čtyřdílná učebnice Automatizace a učebnice Mechatronika. Společnost je např. také odborným partnerem tradiční studentské soutěže Kyber Robot. Pro rychlejší prosazení automatizace u malých výrobců uzavřela společnost smlouvu s českou Asociací malých a středních podniků. Rovněž se podílela na grantovém projektu *Podpora odborné přípravy mládeže pro podmínky automatické a automatizované výroby*.

Z nedávných akcí organizovaných společností lze uvést jarní podnětné setkání s jihokorejskými manažery ve firmě Sungwoo Hitech s. r. o., Ostrava. Při exkurzi v jejich robotizované lisovně a svařovně skeletů karoserií pro automobily Kia a Hyundai měli členové společnosti možnost diskutovat s odborníky firmy o projektových přístupech k automatizaci u jihokorejských špičkových výrobců.

Společnost se intenzivně zabývá přípravou dotovaného projektu zaměřeného na vzdělávání pracovníků z praxe. Projekt by měl umožnit pružnější reakci podnikové sféry na rychle se vyvíjející automatizaci výrobních procesů.

Ing. Jan Chaloupka, CSc.,
člen předsednictva ČMSA