

Hodnocení spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA a zkušenosti s aplikací softwarového nástroje HTA-PHEA

 29.07.2011

Evaluation of human factor reliability by the means of HTA-PHEA integrated method and experience with the application of software HTA-PHEA

Petr Skřehot¹

¹Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., Jeruzalémská 9, Praha 1, 116 52, skrehot@vubp-praha.cz

analýza odhadu chybování lidského činitele (PHEA)

hierarchická analýza úkolů (hta)

lidský činitel

software

pracovní systémy

lidská chyba

spolehlivost

výkonnost

Abstrakt

Jednou z metod, která umožňuje provádět analýzy spolehlivosti lidského činitele v požadovaném rozsahu včetně integrace kvantitativních hodnot je metoda PHEA (anglicky Predictive Human Error Analysis) – do češtiny je název překládán jako „Analýza odhadu chybování lidského činitele“. Metoda byla vyvinuta v roce 1986 Davidem Embreyem a původně byla určena pro využití v procesním průmyslu (konvenční i jaderné elektrárny, petrochemický průmysl, chemický průmysl a průmysl těžby ropy). Metoda je využívána zejména k predikci a redukci lidských chyb a její silnou stránkou se ukázala schopnost využít výstupů získaných analýzou úkolů za pomoci metody HTA (Hierarchical Task Analysis). Spojení obou těchto metod tak umožňuje získat nástroj, jež se nesoustředí jen na kvalitativní analýzu spolehlivosti lidského činitele v pracovním systému, ale který především dokáže provádět komplexní analýzu zahrnující identifikaci specifických chyb lidského činitele, pravděpodobnost jejich vzniku za daných podmínek (HEP) a míru negativního působení faktorů ovlivňujících výkon (PIF). Jelikož je integrovaná metoda HTA-PHEA komplexním nástrojem, je její aplikace v praxi poměrně komplikovaná. Pro odstranění tohoto problému byla proto vyvinuta softwarová podoba, která usnadňuje provádění analýzy v provozní praxi. Tento článek si klade za cíl nejen seznámit s principy integrované metody HTA-PHEA, ale také se způsobem práce se stejnojmenným programem a se zkušenostmi získanými při ověřování programu v hutním provozu.

Klíčová slova: lidský činitel, pracovní systém, software, Hierarchická analýza úkolů (HTA), Analýza odhadu chybování lidského činitele (PHEA), pravděpodobnost lidské chyby, faktory ovlivňující výkon

Abstract

One of the methods which allow to perform the analyses of human factor reliability within desired range included integration of quantitative values is PHEA method (Predictive Human Error Analysis). The method was developed in 1986 by David Embrey. Originally it was intended for use in process industries (conventional and nuclear power plants, petrochemical industry, chemical industry and oil industry). The method is used especially for prediction and reduction of human errors. Its eminency is the ability to use the outputs obtained from the task analysis by the means of HTA method (Hierarchical Task Analysis). The connection of these two methods is able to get the tool which focuses on both qualitative analysis of human factor reliability in working system and can perform the complex analysis including specific errors of human factor, probability of their occurrence under specified conditions (HEP) and the extent of negative effects of factors that influences the performance (PIF). Since the HTA-PHEA method is an integrated comprehensive tool it is quite difficult to apply it in practice. To eliminate this problem the software version of the method was developed. It makes the implementation of the analysis in practice easier. This article aims not only to get acquainted with the principles of HTA-PHEA integrated method but also with the method of working with homonymic program and with the experience gained when verify the program in metallurgical plant.

Keywords: human factors, work system, software, Hierarchical Task Analysis, Predictive Human Error Analysis, Human Error Probability, Performance Influencing Factors

Tento článek prezentuje výsledky projektu „Pracovní pohoda a spolehlivost člověka v pracovním systému“ řešeného v rámci Výzkumného záměru VÚBP, v.v.i., č. MPS0002595001.

Úvod

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i. dokončil vývoj nových nástrojů určených pro analýzy spolehlivosti lidského činitele. V roce 2006 byla vyvinuta modifikovaná verze metody HTA (Hierarchical Task Analysis) a v roce 2007 pak byla převedena do softwarové podoby a postupně testována v průmyslové praxi. Kvalita výstupů i vlastní práce s programem byly uživateli hodnoceny jako výborné a tak bylo možné přistoupit k provázání metody HTA s metodou PHEA (Predictive Human Error Analysis). Metoda PHEA (do češtiny překládaná jako Analýza odhadu chybování lidského činitele) je určená pro analýzu lidských chyb a využívá výstupy z HTA pro další stupeň analýzy. Ve spojení s HTA tak umožňuje provádět komplexní a přitom poměrně detailní analýzy spolehlivosti lidského činitele [9]. Pro maximální šíři prováděných analýz spolehlivosti lidského činitele byly tyto metody integrovány do spojeného systému nazývaného HTA-PHEA. Tento krok, byť byl mnoha autory uváděn jako možný [3,11], však doposud v praxi (pro svou náročnost) nebyl nikým realizován. Hlavní problém totiž představuje integrace analýzy zaměřené na posouzení spolehlivosti (HTA) a analýzy chybování člověka, která vyžaduje vytvoření databáze relevantních lidských chyb, stanovení pravděpodobnosti jejich vzniku (HEP) a databáze faktorů ovlivňujících výkon (PIF). Tento složitý úkol se však podařilo vyřešit a byla vytvořena komplexní metodika, která byla následně převedena do softwarové podoby. Vznikl tak nástroj HTA-PHEA 1.1 LE, který je bezesporu jedním z nejmodernějších nástrojů umožňujících provádět tento typ analýz.

Metodika postupu řešení

Vývoj integrované metody HTA-PHEA

PHEA je analýza zaměřená na predikci konkrétních chyb lidského činitele při výkonu daných činností. Metoda je součástí komplexní metodiky SHERPA (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach), ale lze ji využít i samostatně nebo právě ve spojení s metodou HTA [11,12]. Modelování typů chyb, které mohou nastat v systému člověk-stroj, je pravděpodobně nejdůležitějším aspektem hodnocení a redukce podílu LČ na riziku vzniku nehody [6]. V rámci tohoto procesu je také zvažováno, jak mohou být tyto odhadnuté chyby eliminovány ještě před tím, než se projeví jejich negativní následky. Tento přístup je založen na kognitivní psychologii [4]. Vstupy pro analýzu tvoří informace o struktuře úkolů a plánů, která je získávána z HTA, a dále hodnocení faktorů prostředí, které mohou

spolehlivost lidského činitele ovlivňovat (Performance Influencing Factors – PIF) [1]. Tyto údaje lze deduktivně z části získat z HTA, z části je nutné provést další sběr potřebných informací.

Princip analýzy chyb je založen na tom, že k jakémukoliv subúkolu jsou identifikovány relevantní lidské chyby, k čemuž slouží předem stanovená taxonomie, v níž jsou chyby klasifikovány do 6 chybových módů (chyby činnosti, chyby kontroly, chyby získávání informací, chyby přenosu informací, chyby výběru, chyby plánování) (viz tabulka 1). Analytikem jsou pro každý subúkol pak z této taxonomie vybírány věrohodné typy chyb [11] a z nich pak dále konkrétní relevantní chyby, tj. chyby, jejichž vznik lze s ohledem na reálný stav pracovního systému očekávat. Jelikož integrovaná metoda HTA-PHEA (na rozdíl od originální metody PHEA), již obsahuje předdefinovanou databázi chyb, je možné za jejího využití postupovat při analýze systematicky, což umožňuje identifikovat i takové chyby, které by bez použití této databáze nebyly vzaty v úvahu. Pro každou potencionální chybu jsou následně vyhodnoceny její možné následky, pravděpodobnost vzniku (určení hodnoty HEP), případně korekce HEP na stávající úroveň bezpečnosti provozu, a dále vliv faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost lidského činitele (PIF). Podle subjektivního úsudku analytika jsou pak navržena nápravná opatření, popřípadě opatření k eliminaci rizika.

Vlastní analýza vyžaduje provedení 7 základních systémových kroků:

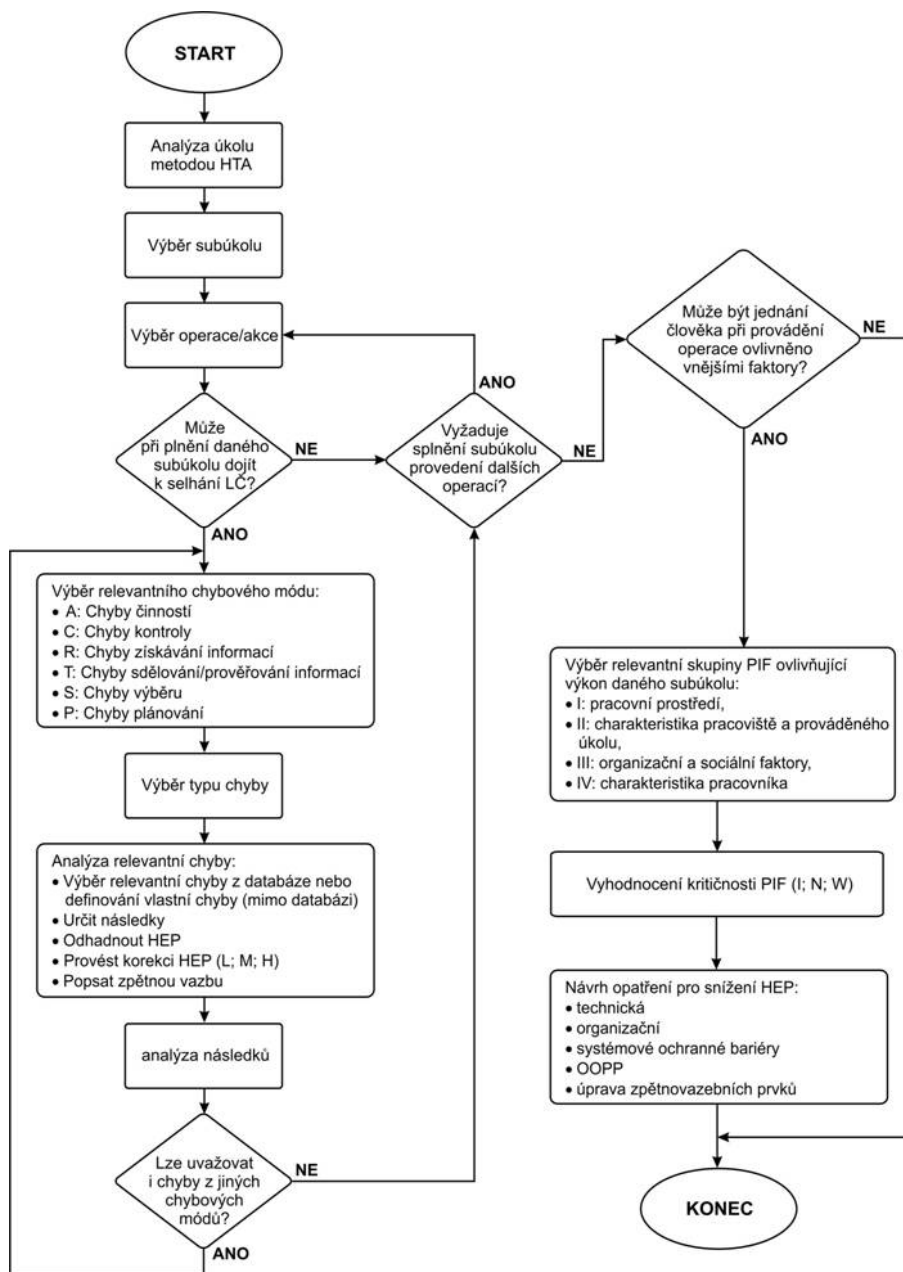
- definování problému;
- analýza úkolu;
- výběr rizikových subúkolů;
- analýza chyb LČ a jejich pravděpodobnosti (HEP);
- analýza následků;
- analýza PIF;
- návrh opatření pro redukci chyb.

Na obrázku 1 je uveden průběhový diagram integrované metody HTA-PHEA.

Chyby činností	
A1	Příliš krátká/dlouhá akce
A2	Špatně načasovaná akce
A3	Akce v opačném směru
A4	Příliš málo/mnoho akce
A5	Špatně uspořádaná akce (ve smyslu prostorového uspořádání)
A6	Správná akce na špatném objektu
A7	Špatná akce na správném objektu
A8	Akce opomenuta
A9	Akce nedokončena
A 10	Špatná akce na špatném objektu
Chyby kontroly	

C1	Kontrola opomenuta
C2	Nekompletní kontrola
C3	Správná kontrola na špatném objektu
C4	Špatná kontrola na správném objektu
C5	Kontrola špatně načasována
C6	Špatná kontrola na špatném objektu
Chyby získávání informací	
R1	Informace není obdržena
R2	Je získána špatná informace
R3	Nekompletní získání informace
Chyby sdělování/přenosu informací	
T1	Informace není předána dále
T2	Je předána špatná informace
T3	Nekompletní přenos informace
Chyby výběru	
S1	Opomenutí výběru
S2	Provedení špatného výběru
Chyby plánování	
P1	Vykonán špatný plán v důsledku špatné diagnózy
P2	Diagnóza je správná, zvolen špatný postup k vykonání plánu

Tabulka 1: Taxonomie chyb dle metody PHEA (tučně je uveden chybový mód a k němu příslušné typy chyb označené příslušným kódem) [10]



Obrázek 1: Průběhový diagram PHEA

Vývoj software „HTA-PHEA“

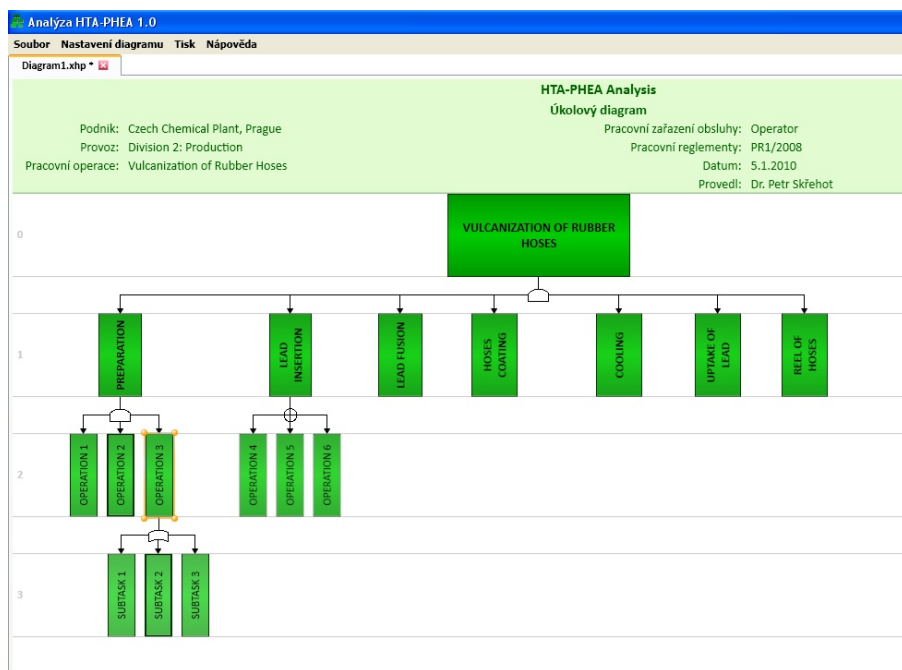
Software „HTA-PHEA“ (viz obrázek 2) je nástrojem pro snadnou aplikaci integrované metody HTA-PHEA v praxi. Všechny verze programu HTA-PHEA fungují pouze na operačních systémech Microsoft Windows od verze XP SP2. Nutným doplňkem operačního systému je Microsoft .NET Framework 3.5, jehož instalační balíček je součástí instalačního CD. K zobrazení uživatelského manuálu nebo „Metodiky HTA-PHEA“ je nutné mít nainstalovaný Adobe Acrobat Reader. Z hlediska základního hardwaru (paměť, procesor a pevný disk) lze vycházet z doporučené konfigurace Windows XP SP2 s tím, že je doporučováno minimálně 1GB paměti. Pro komfortní návrh diagramu, který se často značně rozvine, se doporučuje minimálně 17“ monitor a pro jeho tisk je pak vhodné mít k dispozici tiskárnu umožňující tisk na A3.

Jak již bylo uvedeno v popisu metody, od klasické analýzy PHEA se integrovaná metoda HTA-PHEA liší kromě spojení obou metod také tím, že pro každou potenciální chybu umožňuje vyhodnocovat její možné následky,

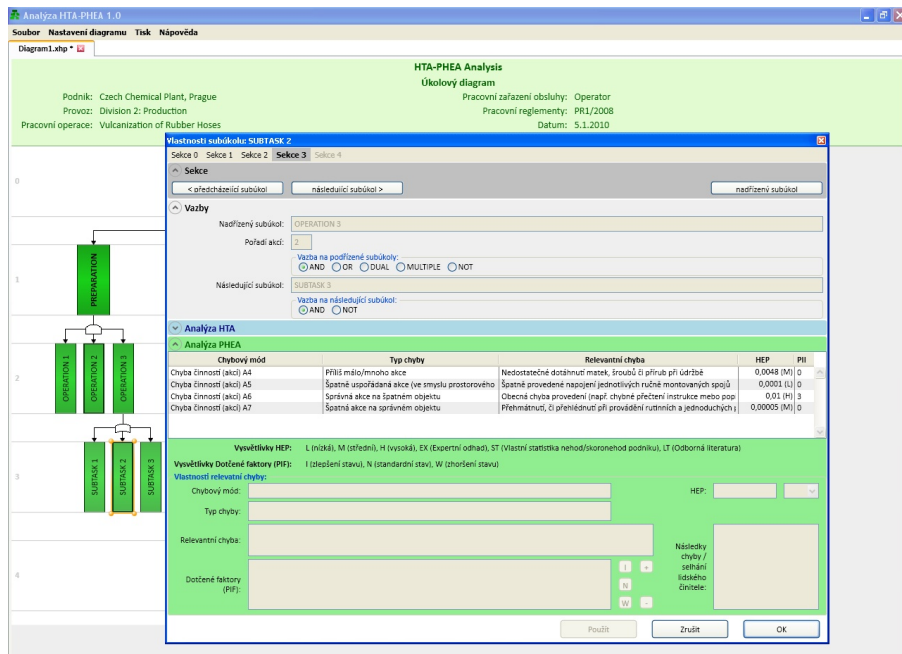
pravděpodobnost jejího vzniku (HEP) a provádět korekce hodnoty HEP podle stávající úrovně bariér bránící vzniku chyby. Současně umožňuje do analýzy zahrnout posouzení vlivu faktorů ovlivňujících výkon (PIF) na spolehlivost člověka v pracovním systému. Podle subjektivního úsudku analytika jsou pak navržena nápravná opatření, popřípadě opatření k eliminaci rizika. Vlastní analýza vyžaduje provedení 7 základních systémových kroků, které byly uvedeny výše. Kroky 1, 2 a 3 jsou prováděny v rámci analýzy HTA (viz obrázky 3 a 4), ostatní kroky pak vycházejí z metody PHEA a jsou blíže popsány dále.



Obrázek 2: Úvodní obrazovka programu HTA-PHEA 1.1 LE.



Obrázek 3: Základní schéma dekompozice úkolu (v tomto případě vulkanizace pryžových hadic) provedené pomocí metody HTA



Obrázek 4: Krok 3 - Výběr rizikových subúkolů

Krok 4: Analýza chyb LČ

Při plnění zadaných úkolů se nejčastěji setkáváme s „Chybami činností“, které nastávají při vlastním provádění dílčích pracovních operací, při nichž je měněn stav systému [11] (např. pracovník špatně nastavil hodnotu řízené veličiny na výrobním zařízení). U chybového módu „Chyby kontroly“ (např. špatně provedená kontrola podřízeného pracovníka) je většinou zahrnut proces získávání dat, jako je například ověřování úrovně nebo stavu prostřednictvím vizuální kontroly. Chybový mód „Chyby získávání informací“ je vztažen k získávání informací ať už z vnějšího zdroje (např. sdělovače) anebo z paměti. V chybovém módu „Chyby sdělování/přenosu informací“ je obsažena jak přímá komunikace mezi dvěma jedinci, tak nepřímá (přes počítač, psaní, atd.). Tyto chyby jsou obzvláště relevantní tam, kde je zapotřebí, aby byly koordinovány aktivity v týmu několika lidí. Chybový mód „Chyby výběru“ je vztažen k provádění nesprávných výběrů mezi alternativními operacemi, kde je nutnost provést explicitní volbu mezi dvěma alternativami, například manuální namísto automatické (nebo naopak). Mohou to být fyzické objekty či součásti technického vybavení (např. ventily, tlačítka, atd.) anebo postupy činností. Strukturu jednotlivých chybových módů, jak byly výše stručně představeny, jsou detailněji popsány v literatuře [3, 11].

Identifikaci konkrétních relevantních chyb LČ je nutné provést pro každý subúkol (tj. operaci), který se v hierarchii vyjádřeném v úkolovém diagramu HTA nalézá na obvykle nejnižší pozici a dále se již nevětví do dalších subúkolů (obvykle se jedná o 2. až 4 úroveň v HTA) [11]. K tomuto subúkolu je přiřazen minimálně jeden z výše uvedených chybových módů, a z těchto chybových módů dále ty typy chyb, kterých se může člověk při provádění daného subúkolu dopustit (viz tabulka 1). Po té je již možné definovat konkrétní relevantní chyby – např. výběrem z databáze chyb (obsahuje 106 jednotlivých lidských chyb) anebo uvedením zcela specifických chyb v databázi neuvedených, které však ale přicházejí v úvahu při konkrétních podmínkách analyzovaného úkolu. Po výběru nebo definování relevantních chyb je dále potřeba provést odhad pravděpodobnosti jejich výskytu (tj. určit HEP) a dále analýzu PIF.

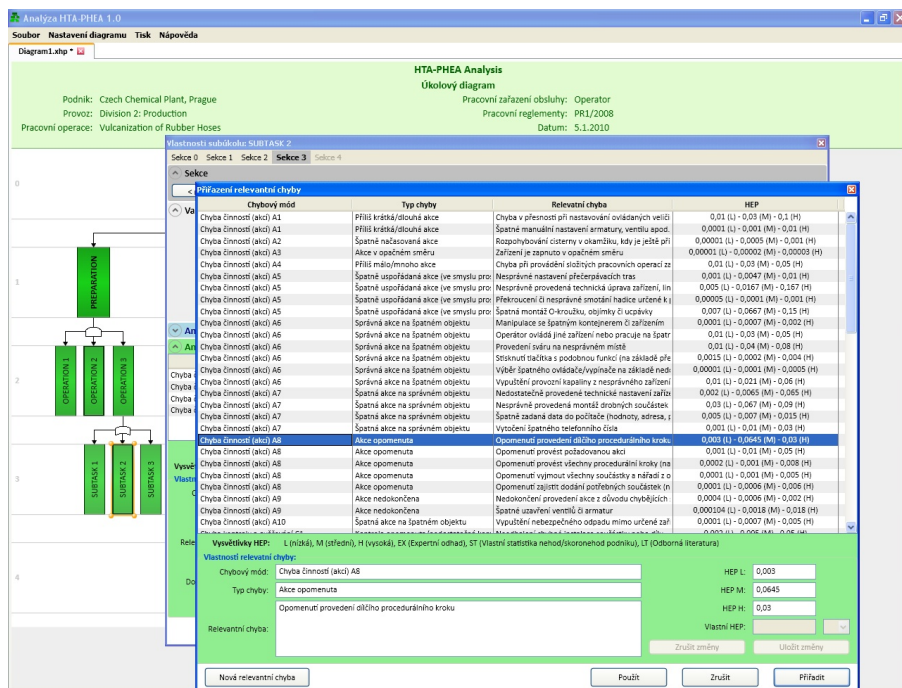
Krok 5: Odhad pravděpodobnosti vzniku chyb

Cílem této části analýzy je ohodnocení pravděpodobnosti výskytu relevantních chyb LČ, které mohou při prováděných činnostech nastat. Tato fáze analýzy PHEA není vůbec jednoduchá a je nutné zdůraznit, že ačkoli vede k získání konkrétních numerických hodnot pravděpodobnosti, že danou chybu pracovník udělá, je tato hodnota zatížena velkou

nejistotou. Databáze HEP byla totiž vytvořena sběrem dat z různých odborných zdrojů, které však uvádějí generická či statistická data z různých typů odvětví procesního průmyslu a získaných za různých časových období. Jedná se tak o určité střední hodnoty, které je však nutné pro analýzu v konkrétním pracovním systému korigovat podle místních podmínek, například na základě existence ochranných bariér, podle úrovně materiálně-technického zabezpečení, personálního zajištění, kvality výcviku obsluhy, kontrolní činnosti apod. Důležitou roli v této korekci hraje také možnost, že dojde k nápravě provedené chyby ještě před tím, než se projeví její nežádoucí následky (např. chyba je zaznamenána samotnou obsluhou nebo jiným pracovníkem, případně hardwarem). Oproti statisticky „průměrné“ pravděpodobnosti vzniku dané chyby (HEP), která je střední hodnotou získanou z různých odborných zdrojů, je však možné, že v realu bude tato pravděpodobnost vyšší nebo naopak nižší. V modifikované PHEA se tato korekce hodnoty HEP provádí výběrem z jednotlivých kategorií závažností:

- low (L) – vznik dané chyby se při současné úrovni zabezpečení téměř nepředpokládá;
- medium (M) – daná chyba byla již v minulosti zaznamenána, ale současná úroveň zabezpečení dosti limituje její opakování;
- high (H) – daná chyba se již vyskytla několikrát (a to u různých členů pracovního kolektivu), popř. opakovaně u téhož zaměstnance, a při současné úrovni zabezpečení systému se s jejím výskytem musí počítat.

Hodnoty HEP na úrovni M odpovídají středním hodnotám získaným z odborné literatury [2,5,7,14] a byly odvozeny z pozorování a analýz mimořádných stavů. Hodnoty pro úrovně L a H pak byly pečlivě odvozeny za pomoci expertních odhadů.



Obrázek 5: Krok 4 - analýza chyb LČ (výběr relevantní chyby z databáze chyb a korekce hodnoty HEP)

Jelikož je jednání člověka a tedy i jeho sklon k chybám výrazně ovlivňováno působením vnějších faktorů, je nutné do analýzy chybování lidského činitele zakomponovat i zhodnocení jejich vlivu na člověka. Jedná se především o posouzení vlivu organizace práce, diferenciací úkolů, interakci člověk-stroj, člověk-prostředí a také interakci mezi lidmi samými, tj. interakci člověk-člověk uvnitř pracovního systému (sociální faktory). Souhrnně jsou všechny tyto faktory nazývány faktory ovlivňujících výkon a spolehlivost (PIF). PIF, tak jak je uvádí řada odborných prací, je možné rozdělit do 4 hlavních skupin:

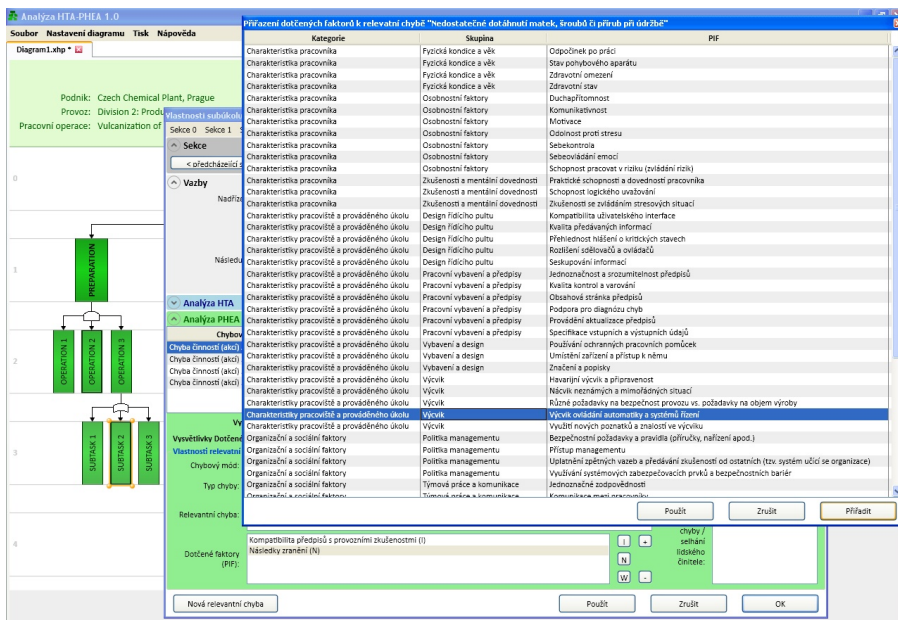
- I: pracovní prostředí,

- II: charakteristika pracoviště a prováděného úkolu,
- III: organizační a sociální faktory a
- IV: charakteristika pracovníka.

V předdefinované databázi je uvedeno celkem 54 faktorů PIF, rozdělených do jednotlivých skupin. Má-li být prostřednictvím PIF provedena charakterizace úrovně pracovního systému, je zapotřebí zavést jednotný systém hodnocení jejich významnosti [1,8]. V praxi to znamená provedení jejich relativního ocenění. Pro tento účel byla do integrované metody HTA-PHEA zařazena také kvalitativní proměnná nazývaná „kritičnost PIF“. Ta má tři úrovně, které se vztahují ke skutečnosti, zda může být spolehlivost LČ:

- zvýšena – pak se jedná o kategorii I (Improve);
- neovlivněna – pak se jedná o kategorii N (Normal);
- snížena – pak se jedná o kategorii W (Worse).

Jelikož se však jedná pouze o kvalitativní hodnocení, nemá tato skutečnost vliv na hodnotu HEP uvažovaných chyb LČ. Ve výstupu z PHEA tato skutečnost ale podává informaci o tom, zda je při návrhu preventivních opatření nutné brát v úvahu i vliv konkrétních PIF, jejichž kvalitu je v daném pracovním systému nutné zlepšit, resp. udržet na stávající úrovni.



Obrázek 6: Krok 6 - analýza faktorů ovlivňujících výkon a spolehlivost (analýza PIF)

Krok 7: Návrh opatření pro redukci chyb

Poslední fází PHEA je vytvoření možných strategií na redukci chyb, případně jejich předcházení. Může zde být také použito metod pro zvýšení pravděpodobnosti nápravy/zotavení [6]. Kromě potenciálně kritických operací vykonávaných, při kterých může člověk udělat chybu, je také důležité identifikovat ty PIF, které mohou mít na vznik uvažovaných chyb největší vliv. V této fázi je po analytíkovi (respektive týmu analytiků) vyžadováno provedení brainstormingu, jehož cílem by mělo být nalezení mechanismu, kterým může být účelně zabráněn vznik chyby, respektive minimalizovány její následky. Redukční strategie je většinou připojena do jedné z následujících tří oblastí:

- úprava prostředí, včetně systému člověk-stroj;
- trénink obsluhy a zvyšování jeho kvalifikace;
- zlepšení pracovních postupů, organizace práce, komunikace apod.

Výsledky ověřování nástroje v praxi a diskuse

Ověřování navrženého prototypu software tvoří nedílnou součást vývoje každého takového nástroje. Validace byla provedena pro činnosti související s najížděním karuselové pece do provozu. Hodnotící tým sestával ze dvou členů, kteří průběžně využívali spolupráce s vybranými pracovníky uvedeného hutního provozu. Práce byla provedena v následujících krocích:

- Analýza HTA pro uvádění karuselové pece do provozu dle obsahu provozních předpisů
- Provedení simulace uvádění pece do provozu a úprava HTA dle skutečného stavu
- Analýza PHEA
- Závěr a návrh opatření

Již na počátku ověřovací studie [13], kdy bylo nutné provést pro dané zařízení analýzu HTA, se ukázalo, jak významně softwarový nástroj usnadňuje práce analytikům. Nebylo potřeba nic kreslit na papír ani složitě přenášet do tabulkového zpracování. Veškerá data se rovnou vkládala do programu HTA-PHEA 1.1 LE. Sběr dat je v praxi vždy nejdůležitější fází analýzy a každý podpůrný nástroj, který umožňuje provádět systematický sběr dat, je významným pomocníkem. Odpadá pak řada nejasností, které bývají spojeny s absencí dat při jejich vyhodnocování, které probíhá vždy mimo provoz, v klidu kanceláře. Ne jinak tomu bylo v tomto případě. Grafické zpracování programu a příslušné funkcionality také vhodným způsobem analytiky provázely celým procesem analýzy. Nic zásadního tak při sběru dat v provozu i při jejich zpracování nebylo opomenuto, což svědčí o tom, že design programu je na vysoké úrovni.

I když byly při ověřování nástroje nalezeny dílčí nedostatky, analýzou HTA-PHEA 1.1 nebyly v pracovních postupech ani na technické stránce zařízení nalezeny žádné závažné nedostatky, které by mohly mít spojitost s LČ. Analýzou byly definovány kritické úkoly s HEP $\approx 0,01$, které se v tomto provozu ukázaly jako klíčové a bylo vedoucím pracovníkům dané společnosti doporučeno věnovat jim zvýšenou pozornost. Konkrétně se jednalo například o [13]:

- Uzavření odvzdušňovacích armatur
- Provedení kontroly tlaku v potrubí
- Provětrání pece
- Kontrola hoření hlavního hořáku
- Regulace přívodů k hořáku
- Kontrola hoření hořáků

Co se týká nedostatků vlastního programu HTA-PHEA 1.1 LE, bylo zjištěno několik méně závažných problémových míst, která však nebránila provádění analýzy ani nezhodnotila finální výsledky. Proto lze uvedený nástroj hodnotit jako velmi zdařilý a užitečný [13].

Závěr

V článku byly stručně představeny základní principy metod HTA a PHEA, které se velice dobře osvědčily při hodnocení spolehlivosti a chybování lidského činitele v praxi. Spojením obou metod vznikla integrovaná metoda HTA-PHEA, která nabízí veškeré výhody obou zmíněných metod s tím, že do této varianty byla zapracována také analýza PIF a postup pro odhad hodnoty HEP. Jelikož by aplikace této metody byla v praxi náročná, byl po zkušenosti z vývojem nástroje Modul HTA 1.5 vyvinut počítačový program HTA-PHEA 1.1 LE, který umožňuje provádět rychlou a snadnou analýzu pomocí integrované metody HTA-PHEA. Vznikl tak nástroj, který kromě klasické analýzy spolehlivosti LČ umožňuje provádět také pravděpodobnostní hodnocení (tj. kvantitativní analýzu chybování LČ). Vzhledem k tomu, že selhání člověka je obvykle významně ovlivněno také negativním účinkem vnějších faktorů, umožňuje integrovaná metoda HTA-PHEA do analýzy zahrnout také faktory ovlivňujících výkon (PIF). S využitím znalostí o prováděném úkolu a jednotlivých

pracovních operacích, je navíc možné identifikovat nejpravděpodobnější chyby, kterých se člověk může dopustit, a navrhnout specifická opatření pro snížení pravděpodobnosti jejich výskytu. Pro ověření spolehlivosti a validity uvedeného nástroje HTA-PHEA 1.1 LE, byl program testován v hutním provozu. Zjištěné závěry umožnily definovat požadavky na další vylepšení uvedeného software, který bude i nadále validován.

Použitá literatura

[1] EMBREY, D. (2000). *Performance Influencing Factors (PIFs)* [online]. Human Reliability Associates Ltd. [cit. 2008-07-30]. Dostupný na WWW: <http://www.humanreliability.com/articles/Introduction%20to%20Performance%20Influencing%20Factors.pdf>>.

[2] GROZANOVIC, M.; STOJILKOVIC, E. (2006). Framework for human error quantification : UDC 331.468. *Facta Universitatis : Philosophy, Sociology and Psychology*, 2006, Vol. 5, No. 1, pp. 131-144.

[3] *Guidelines for preventing human error in process safety*. American Institute of Chemical Engineers (ICHE), 1994. P. 192. ISBN 0-8169-0461-8.

[4] HARRIS, D. ...[et al.]. (2005). Using SHERPA to predict design-induced error on the flight deck. *Aerospace Science and Technology*, September 2005, Vol. 9, Issue 6, pp. 525-532.

[5] KIRWAN, B. ...[et al.]. (1997). The validation of three Human Reliability Quantification techniques - THERP, HEART and JHEDI : part II : results of validation exercise. *Applied Ergonomics*, 1997, Vol. 28., No.1, pp. 17-25.

[6] SANDOM, C.; HARVEY, R. S. (2004). *Human factors for engineers* [online]. IET, 2004 [cit. 2009-09-24]. 361 p. Dostupný z WWW: http://books.google.cz/books?id=F8jXo1n8FYQC&pg=PA162&lpg=PA162&dq=%22Predictive+Human+Error+Analysis%22&source=N1YHSSSV71WtXXt6OtWJBBO4Ak&hl=cs&ei=C067Sv6PI8j4_AbXtb2IDQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2#v=onepage>. ISBN 0863413293.

[7] SHARIT, J. (2006). *Human Error : chapter 27. In Salvendy, G. Handbook of Human Factors and Ergonomics. 3rd ed. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-44917-2. s. 708-760.*

[8] SKŘEHOT, P. (2008a). Využití faktorů ovlivňujících výkonnost obsluhy při hodnocení spolehlivosti lidského činitele a kultury bezpečnosti. *Spektrum*, 2008, roč. 8., č. 1, s. 41-45. ISSN 1211-6920.

[9] SKŘEHOT, P. (2008b). *Posuzování spolehlivosti člověka v pracovním systému pomocí analýz úkolů*. 1. vyd. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2008. 28 s. (Bezpečný podnik). ISBN 978-80-86973-22-7.

[10] STANTON, N. A. (2006). *Error Taxonomies*. In Karwowski, W. *International Encyclopedia of Ergonomics and human Factors*. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2006. ISBN 0-415-30430-X. s. 706-709.

[11] STANTON, N. A.; YOUNG, M. (1999). *Guide to Methodology in Ergonomics : Designing for Human Use*. [s.l.] : [s.n.]. ISBN 0-7484-0703-0. s. 29-39.

[12] STANTON, N. A. *Hierarchical task analysis : developments, applications, and extensions* [online]. Uxbridge : Brunel University, School of Engineering [cit. 2009-09-25].

[13] TRPIŠ, J. *Optimalizace postupu pro kvantitativní posouzení spolehlivosti lidského činitele v procesním průmyslu*. 2011. 72 s. Fakulta bezpečnostního inženýrství. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí diplomové práce: RNDr. et Mgr. Petr Skřehot.

[14] WINCEK, J. C.; HAIGHT, J. M. (2007). Realistic human error rates for process hazard analyses. *Wiley InterScience*

[online], June 2007, Vol. 26, Issue 2, pp 95-100.

Vzorová citace

SKŘEHOT, Petr. Hodnocení spolehlivosti lidského činitele pomocí integrované metody HTA-PHEA a zkušenosti s aplikací softwarového nástroje HTA-PHEA. *Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti* [online], 2011, roč. 4, č. 2. Dostupný z WWW: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-02-2011/hta-phea_skrehot.html>. ISSN 1803-3687.

Autor článku:

RNDr. et Mgr. Petr Skřehot