Dariusz LASKOWSKI [1], Piotr ŁUBKOWSKI [1]

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki (1)

doi:10.15199/48.2016.01.04

Ocena niezawodności administratora sieci teleinformatycznej

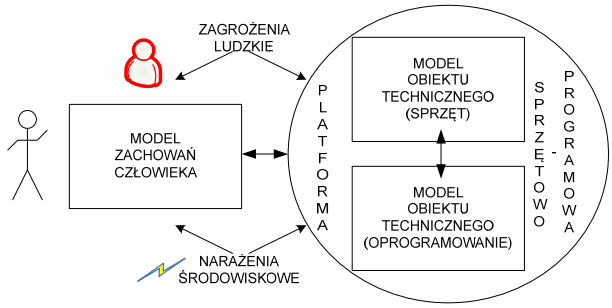
Streszczenie. *W artykule przedstawiono analizę czynników determinujących niezawodność administratora sieci teleinformatycznej z wykorzystaniem autorskiej metody AONC. Przedstawiona metoda została porównana z innymi obecnie stosowanymi metodami antropo-technicznymi, a jej zalety w ocenie niezawodności potwierdzone zostały zamieszczonymi w publikacji wynikami.*

Abstract*. The article presents an analysis of the factors determining the reliability of IT network administrator with the use of AONC method. The presented method was compared with other currently used antropo-technical methods, and its advantages in evaluating the reliability has been confirmed by results posted in a publication.* ***The factors determining the reliability of IT network administrator***

Słowa kluczowe: niezawodność, administrator, sieć teleinformatyczna.
Keywords: reliability, system administrator, IT network.

Wstęp

Rozwój technik i postęp cywilizacji sprawiły, że społeczeństwo jest zasypywane wynalazkami, których głównym celem jest ułatwianie życia. Prym wiodą urządzenia oferujące usługi multimedialne. Realizacja tych usług z uwagi na ich złożoność wiąże się z występowanie różnych anomalii. Istotnym jest wykonanie analizy systemów oferujących usługi przy uwzględnieniu zasadniczych składowych procesu eksploatacji tj. człowiek (administrator, operator), obiekt techniczny (sprzęt, oprogramowanie) i środowisko (oddziaływania zewnętrzne i wewnętrzne). System zawierający te składowe zwany jest Systemem Antropo-Technicznym (SA-T, Rys.1).



Rys.1. Uproszczony model SA-T [1]

Ze względu na obszerność tematyki postanowiono zawęzić rozważania do rozważań wpływu człowieka.

Z analizy dostępnej literatury i materiałów udostępnionych na recenzowanych stronach WWW wynika stwierdzenie, że brak jest opracowań przedstawiających specyfikację całościowego opisu ukierunkowanego na przedstawienie kompleksowej oceny administratora SA-T (tj. sieci teleinformatycznej). Dlatego też, uwzględniając liczność i powszechność stosowania tego typu sieci, postanowiono opracować i zaprezentować jedno z wielu możliwych metod szacowania poprawności funkcjonowania operatora złożonych obiektów technicznych nazwane Autorskim Oszacowaniem Niezawodności Człowieka (AONC).

AONC bazujące na metodzie HCR (ang. Human Cognitive Reliability) i metodzie Ekspertów oraz uwzględniona specyfikę wielu składowych, tj. elementy sprzętowe i programowe oraz narażenia i umiejętności operatora, posiadających znaczący wpływ na usługi sieciowe.

Stan zdatnościowy administratora

Funkcjonowanie SA-T, w ujęciu platformy sprzętowo-programowej, jest warunkowane procesem projektowania, produkcji i eksploatacji. Projektowanie ukierunkowane jest na wytworzenie produktu o zdefiniowanych parametrach technicznych. Parametry te i umiejętności operatora (administratora) stanowią podłoże dla osiągnięcia pożądanych własności funkcjonalnych w zdefiniowanych warunkach środowiskowych. Zasadnym jest stwierdzenie, że obecnie urządzenia wyprodukowane przez renomowanych producentów i oferowane na rynku teleinformatycznym charakteryzują się „wysoką" niezawodnością i jakością. Natomiast coraz większe znaczenie posiada człowiek jej użytkujący i obsługujący (utrzymujący urządzenie w oczekiwanym stanie zdatności).

W celu zapewnienia odpowiedniego i pożądanego działania SA-T określa się stany zdatności jego składowych branych pod uwagę podczas projektowania. Należą do nich prawdopodobieństwa [1,2]:

– stanu zdatności operatora,
– stanu zdatności sieci lub jej komponentów,
– zaistnienia szkodliwego oddziaływania narażenia środowiskowego.

Obecnie istnieją metody oferujących oszacowanie prawdopodobieństwa poprawności funkcjonowania człowieka (jako operatora obiektu technicznego) przy licznych uwarunkowaniach i ograniczeniach stosowania. Wskaźnik identyfikacji zachowań człowieka pełniącego funkcję operatora obiektu technicznego (PbOp) proponuje się zawęzić do tematyki opracowania, czyli do przedstawienia prawdopodobieństwa błędu człowieka HEP (ang. Human Error Probability) możliwego do oszacowania za pomocą jednej z poniżej przedstawionych metod [3,5-15]:

1) THERP (ang. Technique for Human Error Rate Prediction) – opracowana w 1983r. przez Swaina i Guttmanna technika umożliwiająca:

– modelowanie poprawności funkcjonowania człowieka z wykorzystaniem drzew zdarzeń z ukierunkowaniem na oszacowanie prawdopodobieństwa sukcesu lub niepowodzenia realizacji przedsięwzięcia,
– uwzględnienie wewnętrznych i zewnętrznych czynników formujących działanie posiadających potencjalny wpływ na jakość działania operatorów w czterech etapach: detekcja problemu, ocena jakościowa (budowa drzew zdarzeń) i ilościowa (wyznaczenie nominalnych prawdopodobieństw błędów człowieka BHEP, ocena względnego wpływu czynników formujących działanie PSF, wyznaczenie prawdo-podobieństw sukcesu i niepowodzenia i określenie potencjalnych czynników naprawczych) oraz badanie i wykorzystanie wyników (analiza wrażliwości, udostępnianie danych wynikowych).

Głównym źródłem danych jest rozdział 20 podręcznika THERP zawierający:

– tablice danych z prawdopodobieństwami i współczynnikami błędu-niepewności,
– zasady wyjaśniające, jak modyfikować dane ujęte w tablicach dla uwzględnienia czynników formujących działanie (PSF),
– reguły uwzględnienia zależności po-między zdarzeniami błędów człowieka, co wyraża się poprzez odpowiednią zmianę wartości prawdopodobieństw ciągu zdarzeń niezależnych na prawdopodobieństwa zdarzeń zależnych.

2) HEART (ang. Human Error Assessment and Reduction Technique, Williams, 1985r.) uwzględnia zadania człowieka, czynniki ergonomiczne i środowiskowe oddziałujące negatywnie na wykonywanie zadań. Każdy czynnik jest określany ilościowo i wyznacza się prawdopodobieństwo błędu człowieka zależne od iloczynu współczynników związanych charakterystycznych dla tych czynników.

3) SHARP (ang. Systematic Human Action Reliability Procedure, Hannaman & Spurgin 1984r.) uwzględnia zdarzenia związane z błędami człowieka w strukturze modelu logicznego systemu przy zastosowaniu (drzewa zdarzeń i uszkodzeń) analizy systemu i niezawodności człowieka, z punktu widzenia bezpieczeństwa obiektu technicznego, w 7 krokach:
– Definiowanie – upewnienie się, czy wszystkie ważne rodzaje oddziaływań człowieka są odpowiednio uwzględnione w analizie;
– Wyświetlanie – zidentyfikowanie oddziaływań i błędów, mających istotny wpływ na pracę i bezpieczeństwo obiektu;
– Rozbicie – precyzyjny opis ważniej-szych oddziaływań w celu określenia kluczowych czynników ważnych w modelowaniu;
– Reprezentacja – selekcja i zastosowanie techniki modelowania dla istotnych oddziaływań;
– Ocena wpływu – badanie wpływu ważniejszych oddziaływań i błędów człowieka, mających na celu umiejscowienie zdarzenia w strukturze modelu logicznego systemu;
– Ocena ilościowa – skorzystanie z odpowiednich danych lub metod modelowania w celu określenia prawdopodobieństw błędów; analiza wrażliwości i określenie przedziałów niepewności;
– Dokumentowanie – zawarcie wszystkich istotnych informacji związanych z oceną niezawodności człowieka w taki sposób, aby było możliwe w przyszłości odtworzenie i zrozumienie analizy.

4) TESEO (wł. Tecnica Empirica Stima Errori Operatori, Bello i Colombari, 1980r.) – empiryczna metoda wyznaczająca prawdopodobieństwo błędów operatora przywołanego do realizacji przedsięwzięcia w sterowni obiektu technicznego, zależne od 5 czynników określanych ilościowo:
– Typu podjętego działania;
– Czasu dostępnego na przeprowadzenie tego działania; czynnik ten nazwano tymczasowym czynnikiem stresu;
– Charakterystyki przygotowania człowieka-operatora;
– Stanu emocjonalnego operatora, na-zwanego czynnikiem obawy w działaniu;
– Charakterystyki ergonomicznej środowiska, nazwanej czynnikiem ergonomicznym działania.

5) SLIM (ang. Success Likelihood Index Method, Embrey, 1984 r.) z modułami:
– MAUD (ang. Multi-Attributive Utility Decomposition) – do analizy zestawu kilku przedsięwzięć i oszacowania prawdopodobieństwa błędów człowieka (PBC) na podstawie znormalizowanych wskaźników SLI (ang. Success Likelihood Index).
– SARAH (ang. Systematic Approach to the Reliability Assessment of Humans) – stosowany do kalibrowania względnych wskaźników sukcesu w celu wy-znaczenia kolejnych wartości PBC dla analizowanych zadań.
– Obejmuje następujące kroki:
– Zdefiniowanie sytuacji i analiza zadań wykonywanych przez człowieka.
– Określenie ważniejszych czynników wpływu i ich współczynników wagowych.
– Ocena i szeregowanie zadań względem wyróżnionych czynników.
– Określenie punktów odniesienia i skalowanie kolejnych CW.
– Obliczenia wskaźników SLI i ich konwersja na prawdopodobieństwa.
– Ocena granic niepewności.

6) HCR (ang. Human Cognitive Reliability, Hannaman i in. 1985 r.) umożliwia oszacowanie prawdopodobieństwa popełnienia błędu w funkcji deficytu czasu, jaki występuje na wykonanie zadania i typu czynności, przy uwzględnieniu doświadczenia operatora, poziomu stresu i jakości ergonomicznej procesu sterowania.

Wieloaspektowa analiza założeń teoretycznych i zaprezentowane wyniki prowadzonych badań naukowych uwypuklają potrzebę kompleksowego podejścia, korelującego wzajemne przedsięwzięcia z obszarów postulowania, projektowania i rzeczywistości eksploatacyjnej w aspekcie zapewnienia pożądanej niezawodności złożonego obiektu technicznego - systemu antropo-technicznego (SA-T). W koncepcji tej wykorzystano trajektorie potencjalnościowe w ujęciu analityczno-normatywnym [16]. Zaprezentowane w artykule uogólnione, a w związku z tym bardziej uniwersalne – wskaźniki dla normalnych warunków eksploatacji, wychodzą naprzeciw potrzebie uzupełnienia obecnego zbioru arsenału stosowanych funkcyjnych wskaźników identyfikacji stanów technicznych systemu. Wyniki postępowania zgodnego z opracowaną metodą zwiększają wiedzę o stanach funkcjonalnych łańcucha elementów realizującego pożądaną usługę w SA-T. Metoda uwzględnia negatywny wpływ narażeń środowiskowych, technicznych i biologicznych na niezawodność.

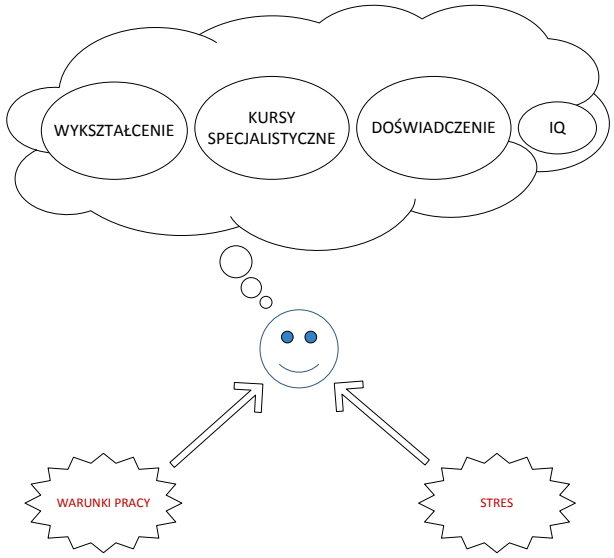
Sprecyzowane zależności matematyczne odwzorowujące proces wyznaczania wartości wskaźnika niezawodności systemu SA-T i ułatwiają ocenę realizowalności usług przy uwzględnieniu niezawodnościowych własności platformy sprzętowo-programowej, szkodliwych narażeń naturalnych, wynikających z działalności człowieka oraz wiedzy człowieka (operatora), jako zasadniczej determinanty (Rys.2).

W metodzie tej wpływ na prawdopodobieństwo poprawnego funkcjonowania człowieka mają czynniki:
1) wewnętrzne:
– wykształcenie i kursy specjalistyczne,
– doświadczenie,
– iloraz inteligencji (IQ).
2) zewnętrznych:
– warunki pracy,
– stres.

Wyboru powyższych czynników dokonuje się na bazie analizy zdarzeń branych pod uwagę podczas pracy administratora. W artykule zbiory te został adekwatnie ustalone do rzeczywistych warunków środowiskowych istniejących w średnich korporacjach.

Wielowątkowe analizy i badania SA-T, w aspekcie narażeń, dostarczą licznych danych stanowiący pod-stawę do sprecyzowania wniosków w aspekcie spełniania

postulowanych wymagania podczas zaspokajania potrzeb użytkowników systemu.



Rys.2. Powiązania uwarunkowań psychotechnicznych administratora i zdarzeń środowiskowych

Zakłada się, że ujęta w artykule postać kompleksowego wskaźnika posiada własności tj.: uniwersalność i powszechność zastosowania w dowolnej topologii systemowej (sieciowej) i strukturze niezawodnościowej. Oczywistym wydaje się następne założenie dotyczące opisu zależności matematycznych z wykorzystaniem elementów teorii niezawodności i diagnostyki. Rekomenduje się jednak konieczność doprecyzowania (uszczegółowienia) składowych wejściowych dla wyznaczenia wskaźnika odpowiednio do reprezentatywnych cech konkretnego SA-T, jego operatora i otoczenia eksploatacyjnego. Kolejną determinantą jest adekwatność do zmian właściwości w czasie, liczby i rodzaju destrukcyjnych narażeń naturalnych oraz pochodzenia ludzkiego będących źródłem obniżenia zdatności funkcjonalnej [1, 16].

Ocena niezawodności człowieka

Metoda AONC obejmuje uwarunkowania psychotechniczne i zdarzenia środowiskowe z uwzględnieniem zarówno specyfiki wykonywanych przez operatora przedsięwzięć, jak i jego wiedzy oraz umiejętności. Uogólniona postać zależności matematycznej do obliczeń to:

$$P_{pOp_AONC}(t) = P_{pOp_HCR}(t)\ P_{pOp_Eksp}(t) \tag{1}$$

gdzie: P_{pOp_AONC} – prawdopodobieństwo poprawności postępowania administratora, P_{pOp_HCR} – prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez administratora w funkcji deficytu czasu:

$$P_{pOp_HCR}(t,e_i) = 1 - P_{bOp_HCR}(t,e_i) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{t_{0,5}} - C_{e,i}\right) C_{g,j}^{-1}\right]^{B_i} \tag{2}$$

gdzie: P_{pOp_HCR} – prawdopodobieństwo uwzględniające wpływ poziomu wiedzy i umiejętności na popełnienie błędu przez administratora, wyznaczane metoda ekspertów, C_{ei}, C_{gi}, B_i – p współczynniki zależne od typu czynności (odruchy, wiedza, zasady itp.), uzyskane z kalibracji modelu na symulatorze treningowym, t – czas dostępny na wykonanie zadania, $t_{0,5}$ – czas średni zwykle wystarczający na wykonanie zadania (Tabela 1):

$$t_{0,5} = t_{0,5\,nom}\,(1 + K1)\,(1 + K2)\,(1 + K3) \tag{1}$$

Tabela 1. Współczynniki korekcyjne do modelu HCR

Lp.	Cecha	Współczynnik
1	Doświadczenie operatora:	K1
	– ekspert, wysokie umiejętności,	-0,22
	– przeciętna wiedza i wyszkolenie,	0,00
	– nowicjusz, minimalne umiejętności.	0,44
2	Poziom stresu:	K2
	– sytuacja skrajnego zagrożenia,	0,44
	– sytuacja potencjalnego zagrożenia,	0,28
	– sytuacja normalna, brak zagrożenia,	0,00
	– niska czujność, monotonia.	0,28
3	Jakość ergonomiczna sterowni:	K3
	– doskonała,	-0,22
	– dobra,	0,00
	– dostateczna,	0,44
	– słaba,	0,78
	– niezwykle zła.	0,92

Wyniki

Opracowano wiele reprezentatywnych scenariuszy badawczych - trzy z nich to (Tabela 2):

1) Wariant 1 (W1): Administrator charakteryzujący się wysokimi umiejętnościami i doświadczeniem oraz istnieją „pożądane" warunki pracy.

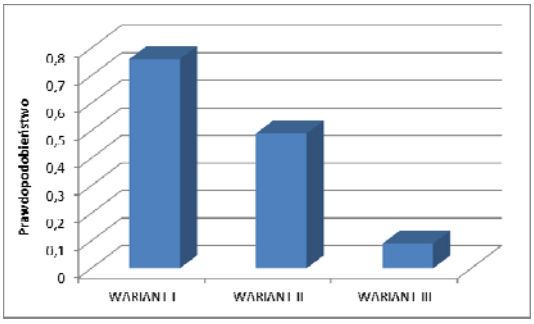
2) Wariant 2 (W2): Administrator charakteryzujący się średniozaawansowanymi umiejętnościami i doświadczeniem oraz istnieją „średnie" warunki pracy.

3) Wariant 3 (W3): Operator charakteryzujący się minimalnymi umiejętnościami i brakiem doświadczenia oraz istnieją „niewłaściwe" warunki pracy.

Na podstawie analizy statystycznej otrzymanych wyników badań można zauważyć, iż wartość prawdopodobieństwa poprawnego działania dla administratora charakteryzującego się minimalnymi umiejętnościami i całkowitym brakiem doświadczenia przy jednocześnie nieodpowiednich warunkach pracy jest bardzo „niska" i z całą pewnością nieodpowiednia we współczesnych realiach pracy. W celu zapewnienia odpowiedniego wykonywania nadanych zadań administratorowi, wymaga się od niego wiedzy technicznej pozyskane na licznych kursach specjalistycznych. Brak oczekiwanych umiejętności skutkuje wysoką zawodnością (Rys.3).

Tabela 2. Wartości prawdopodobieństw dla przyjętych wariantów

Lp.	Parametr	W1	W2	W3
1	Wartość prawdopodobieństwa uwzględniającego czynniki wewnętrzne.	0,83	0,64	0,19
2	Wartość prawdopodobieństwa uwzględniającego czynniki zewnętrzne.	0,91	0,77	0,47
3	Wartość prawdopodobieństwa poprawności funkcjonowania człowieka w określonym czasie.	0,76	0,49	0,09
4	Zestawienie wyników na charakterystyce.	Rys. 3.		
5	Trajektoria wpływu doświadczenia.	Rys. 4.		
6	Charakterystyki wpływu czynników zewnętrznych.	Rys. 5.		



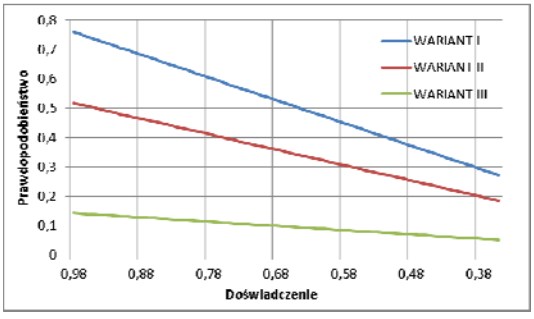
Rys.3. Wartości prawdopodobieństw dla różnych wariantów czynników zewnętrznych oraz wewnętrznych

W przypadku administratora charakteryzującego się średniozaawansowanymi umiejętnościami i zdobytym doświadczeniem przy zachowaniu jednocześnie standardowych warunków pracy, prawdopodobieństwo klaruje się na poziomie około 0,5. To wartość mogąca ulec poprawie dzięki przyszłościowemu szkoleniu i zbieraniu dodatkowego doświadczenia. Największą niezawodnością charakteryzuje się osoba z umiejętnościami wyspecjalizowanymi pod daną dziedzinę w stopniu bardzo wysokim, oraz z wcześniej zdobytym doświadczeniem. Czynniki zewnętrzne, takie jak stres i warunki pracy, utrzymane na idealnym poziomie, w stosunkowo małym stopniu wpływają na poprawność funkcjonowania administratora SA-T. Jego niezawodność w głównej mierze zależy w takim przypadku od czynników wewnętrznych.

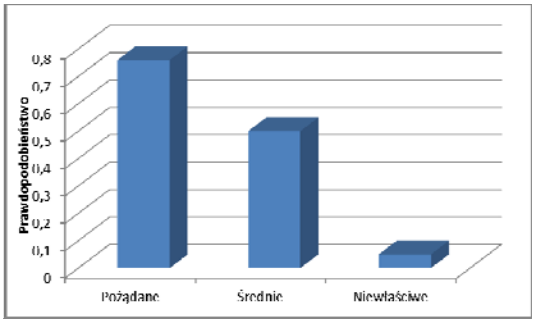
Oddzielnie przeprowadzonym badaniem była analiza wpływu doświadczenia na poziom niezawodności administratora (Rys.4). Istnieje sporo przypadków, w których człowiek charakteryzuje się wysokimi umiejętnościami technicznymi, ukończył kursy specjalistyczne i posiada „wysoki" poziom wiedzy, natomiast nie posiada doświadczenia zawodowego i umiejętności praktycznych. Poziom niezawodności człowieka w przypadku całkowitego braku doświadczenia nawet przy bardzo wysokich umiejętnościach waha się na poziomie wartości 0,3. Wartość ta jest bardzo „niska", jednak odnosi się jedynie do początkowej fazy pracy, ponieważ doświadczenie zyskiwane z czasem znacząco poprawia wartość prawdopodobieństwa poprawności funkcjonowania człowieka.

W przypadku minimalnych czynników wewnętrznych takich jak wiedza, kursy specjalistyczne czy iloraz inteligencji, wzrost doświadczenia jest niewystarczającym czynnikiem mogącym poprawić niezawodność operatora sieci. W takich przypadkach konieczne są dodatkowe szkolenia oraz zdobywanie niezbędnej wiedzy w celu przeprowadzania niezawodnego wykonywania zadań.

Kolejnym przebadanym scenariuszem jest wpływ czynników zewnętrznych na operatora sieci przy stałych wartościach czynników wewnętrznych (Rys.5).



Rys.4. Wpływ doświadczenia na poszczególne warianty czynników



Rys.5. Wpływ czynników zewnętrznych na operatora z wysokimi kwalifikacjami

Założone zostało, że człowiek charakteryzuje się „bardzo wysokimi" umiejętnościami technicznymi, doświadczeniem i wiedzą. Pomiar został dokonany dla trzech wariantów czynników zewnętrznych: „dobrych" warunków pracy i odpowiedniego poziomu stresu, „średnich" warunków pracy i „nieodpowiedniego" poziomu stresu oraz „niewłaściwych" warunków pracy i „bardzo" wysokiego poziomu stresu. Wart uwagi jest poziom niezawodności człowieka w „bardzo" złych warunkach. Z pomiaru można się dowiedzieć, iż te determinanty w sposób znaczący niwelują wszelkie zalety i cechy wewnętrzne administratora sieci, powodując znaczące i niedopuszczalne obniżenie jego poziomu niezawodności. Nawet najlepiej wyszkolona osoba narażona na nadmiernie „złe" warunki zewnętrzne wykazuje się nieodpowiednim poziomem zdatności.

Z przeprowadzonych badań można zauważyć, iż wartość prawdopodobieństwa dla administratora charakteryzującego się minimalnymi umiejętnościami i całkowitym brakiem doświadczenia przy jednocześnie nieodpowiednich warunkach pracy jest „bardzo" niska, z całą pewnością nieodpowiednia we współczesnych realiach niezawodnej pracy. W celu zapewnienia odpowiedniego wykonywania nadanych zadań operatorowi, wymaga się od niego specjalnego technicznego wyszkolenia oraz odpowiednich kursów specjalistycznych. Brak wymaganych czynników, oraz doświadczenia w zawodzie skutkuje wysoką zawodnością.

Wnioski

Otrzymane wyniki skonfrontowano z obserwacjami rzeczywistego postępowania człowieka. Różnice w wartościach są w tolerancji błędu. Istnieje uzasadniona podstawa do stwierdzenia, że postępowanie zgodne z tą metodyką zwiększa wiedzę o stanach funkcjonalnych SA-T. Można optymalizować realizowalności usług w zależności od zapotrzebowań.

Metoda AONC posiada następujące właściwości, z punktu widzenia kryterium wyboru metody mającej za zadanie odzwierciedlić najważniejszych cech, do których można zaliczyć [zgodnie z 17]:

– powtarzalność wyników przy kolejnych analizach tej samej sytuacji przez różne osoby,
– okładność wyniku i jej zgodność z założeniami oraz wartościami empirycznymi,
– wierność modelowania odzwierciedlająca zadania i czynniki wpływające na niezawodność człowieka,
– zgodność z wiedzą teoretyczną posiadaną na temat zachowań człowieka,
– optymalne wykorzystanie zasobów dotyczące liczby osób potrzebnych do zrealizowania odpowiedniej analizy,
– akceptowalność licznych determinant bazowych odpowiednich dla specyfiki badanego SA-T,

– użyteczność bazująca na dostarczaniu wiedzy do formułowania zaleceń dotyczących środków po-prawy niezawodności człowieka w danej sytuacji,
– prostota i elastyczność w zakresie stosowalności dla różnych sieci i systemów zawierających czynnik ludzki.

Elementy metody wymagające dalszej analizy to [zgodnie z 17]:

– „mała" dojrzałość dla praktycznym zastosowań w warunkach eksploatacyjnych na etapie projektowania i użytkowania oraz obsługiwania,
– umiejętności prowadzącego oszacowanie, ponieważ koniecznym jest, aby ekspert oceniający:
- posiadał odpowiednie przygotowanie zawodowe i poziom wykształcenia,
- miał praktykę zawodowa w przedmiotowej dziedzinie tematycznej;
- dysponował doświadczeniem w posługiwaniu się technikami analizy niezawodności człowieka,
- władał umiejętnościami posługiwania się oprogramowaniem służącym do obliczeń,

– pracochłonność metody:
- wymagana jest stosunkowo „duża" ilość danych potrzebnych do przygotowania i wykonania analizy,
- „średni" stopień skomplikowania i prac potrzebnych do analiz,
- „zadawalający" stosunek pracy do uzyskanych efektów;

– dostęp do wiarygodnych danych nominalnych od ekspertów i możliwość pomiarów eksperymentalnych w warunkach zbliżonych do rzeczywistości jest trudny do osiągnięcia.

Uwzględniając powyższe zamierza się prowadzić dalsze analizy celem minimalizacji wad i zwiększenia palety zalet metody AONC.

***Autorzy**: dr hab. inż. Dariusz Laskowski, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Telekomunikacji, ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: dlaskowski@wat.edu.pl; dr inż. Piotr Łubkowski, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Telekomunikacji, ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: plubkowski@wat.edu.pl.*

LITERATURA

[1] Laskowski D., Żywotność antropotechnicznego systemu telekomunikacyjnego w aspekcie eksploatacyjnych narażeń destrukcyjnych, *WAT* (2013)
[2] Strona: http://www.inl.gov/technicalpublications/Documents/4074955.pdf, dostępna do 10.VI.2015.
[3] Bell J., Holroyd J., Review of human reliability assessment methods, *Health and Safety Laboratory*, UK (2009)
[4] Strony: http://www.humanreliability.com, http://www.hss.energy.gov, dostępna do 10.VI.2015
[5] Dekker S.W.A., Ten Questions About Human Error: a new view of human factors and systems safety, *Lawrence Erlbaum Associates* (2005).
[6] Dougherty E.M., Fragola J.R., Human Reliability Analysis, *Wiley* (1988).
[7] Franklin P., Introduction to Human Reliability Engineering, *AR&MS*, NJ (2012).
[8] Gertman D.L., Blackman H.S., Human reliability and safety analysis data handbook, *Wiley* (2001).
[9] Kosmowski K.T., Zarządzanie bezpieczeństwem i sterowanie ryzykiem w systemach socjotechnicznych, *Krajowa Konferencja Bezpieczeństwa i Niezawodności – KONBiN '99*, Zakopane (1999).
[10] Norma PrIEC 300-3-8. Niezawodność człowieka (Zarządzanie niezawodnością – przewodnik zastosowań). Projekt normy IEC: International Electrotechnical Commission, *Komitet 56* (1995).
[11] Norma PrPN-IEC 300-3-9. Analiza ryzyka w systemach technicznych (Zarządzanie niezawodnością – przewodnik zastosowań). Projekt normy PN-IEC (1995).
[12] Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi, *Narodowe Centrum Badań Jądrowych*, Otwock, http://manhaz.cyf.gov.pl, dostępna do 10.VI.2015.
[13] Rasmussen J., Major accident prevention: What is the basic research issue? In: Safety and Reliability (eds: Lydersen, Hamsen & Sandtorv), *Balkema*, Rotterdam (1998).
[14] Ratajczak Z., Niezawodność człowieka w pracy, *PWN*, Warszawa (1988).
[15] Swain A.D., Guttmann H.E., Handbook on Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Application. NUREG/CR-1278. SAND 80-0200 RX, AN. Final Report, (1983).
[16] Dąbrowski T.M., Diagnozowanie systemów antropotechnicznych w ujęciu potencjałowo-efektowym, rozprawa habilitacyjna, Warszawa, 2001.
[17] Strona http://manhaz.cyf.gov.pl/manhaz/przewodnik/ rozdz_4/rozdz4_4_1_5.htm, dostępna do 10.VI.2015.