

## METODY OCENY WPŁYWU CZYNNIKA LUDZKIEGO NA BEZPIECZEŃSTWO W TRANSPORCIE

*Bezpieczeństwo jest jednym z głównych warunków funkcjonowania transportu. Najwięcej uwagi poświęca się technicznemu aspektowi bezpieczeństwa. Jednak wypadki w transporcie mają więcej źródeł, którymi przede wszystkim są: czynniki ludzkie, czynniki organizacyjne, czynniki techniczne oraz czynniki środowiskowe. Dane statystyczne wskazują, że główną przyczyną wypadków i katastrof w transporcie są błędy popełniane przez człowieka. Tym samym eliminacja lub ograniczenie błędów ludzkich może istotnie wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa w transporcie. W artykule poruszono problematykę niezawodności człowieka w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa. Zdefiniowano pojęcie niezawodności człowieka, podano klasyfikację błędów popełnianych przez człowieka oraz przeprowadzono analizę przyczyn tych błędów. Główny nacisk położono na przedstawienie i ocenę wybranych metod jakościowej i ilościowej analizy niezawodności człowieka (ang. Human Reliability Analysis, HRA), takich jak: THERP, ASEP, HEART, SPAR-H, ATHEANA, CREAM.*

### WSTĘP

Człowiek ma bardzo duży wpływ na bezpieczną eksploatację systemów technicznych w transporcie. Potencjalne błędy człowieka zwiększają poziom ryzyka związanego z eksploatacją systemów transportowych. Człowieka należy zatem traktować jako istotne ogniwo tego układu, wobec którego teoria niezawodności używana dla obiektów technicznych ma ograniczone i przybliżone zastosowanie. W celu oceniania ryzyka, wynikającego z potencjalnych błędów człowieka, stosowany jest zbiór metod nazywany Human Reliability Analysis (HRA) [14, 17, 18]. Przy pomocy HRA, analizowany jest wpływ ludzi na funkcjonowanie poszczególnych systemów technicznych, co w konsekwencji prowadzi zarówno do minimalizacji uszkodzeń technicznych jak również do ograniczenia liczby wypadków.

### 1. POJĘCIE NIEZAWODNOŚCI OBIEKTÓW TECHNICZNYCH

Pod pojęciem niezawodności rozumie się zdolność obiektu technicznego do realizowania określonych funkcji w określonych warunkach w zdefiniowanym okresie czasu. Definicja ta określa niezawodność w sensie jakościowym. Bardzo często stosuje się jednak definicje pozwalające na szacowanie wartości liczbowych związanych z niezawodnością, noszące nazwę wskaźników niezawodności. Niezawodność jest wówczas definiowana jako prawdopodobieństwo spełnienia przez obiekt techniczny określonych wymagań, a modelem niezawodności jest proces stochastyczny [12, 16]. W badaniach eksploatacyjnych niezawodność rozpatrywana jest w różnych aspektach, takich jak:

- niezawodność (ang. reliability) – czyli zdolność do zachowania stanu zdadności (wypełniania określonych funkcji) w określonym przedziale czasu i w określonych warunkach użytkowania,
- gotowość (ang. availability) – zdolność obiektu technicznego do utrzymywania się w stanie umożliwiającym wypełnianie wymaganych funkcji w danych warunkach, w danej chwili lub w danym przedziale czasu,

- obsługiwalność (ang. maintainability) – zdolność obiektu technicznego do utrzymywania lub odtwarzania w danych warunkach eksploatacji stanu, w którym może on wypełniać wymagane funkcje przy założeniu, że obsługa jest przeprowadzana w ustalonych warunkach z zachowaniem ustalonych procedur i środków,
- bezpieczeństwo (ang. safety) - oznacza, że ryzyko związane z działaniem obiektu technicznego jest na akceptowalnym poziomie.

Należy również wskazać na występowanie różnic w analizie niezawodnościowej obiektów nienaprawialnych i naprawialnych.

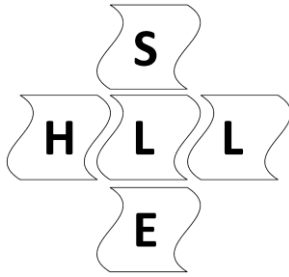
### 2. MODEL SHELL

Problematyką interakcji pomiędzy człowiekiem a obiektem technicznym zajmuje się dziedzina nazywana inżynierią czynnika ludzkiego (ang. human-factors engineering, human engineering). Uwzględnia się w niej informacje o fizycznych i psychologicznych cechach ludzi w celu poprawnego konstruowania i eksploatacji urządzeń.

Badania dotyczące relacji pomiędzy człowiekiem a systemem technicznym skutkowało powstaniem różnych modeli wpływu czynnika ludzkiego na zapewnienie bezpieczeństwa. Najpopularniejszym z nich jest model SHELL, opracowany przez Hawkinsa będący rozbudowanym modelem SHEL Edwardsa, mający początkowo zastosowanie w lotnictwie [8, 9]. Nazwa modelu pochodzi od pierwszych liter komponentów:

- **Software** – oprogramowanie, zawiera reguły, instrukcje, procedury (w tym bezpieczeństwa), normy, zasady, dobre praktyki, zwyczaje, konwencje, szkolenia, wsparcie techniczne i programy komputerowe.
- **Hardware** – zasoby sprzętowe systemu technicznego.
- **Environment** - fizyczne, organizacyjne, ekonomiczne i polityczne czynniki, które mają pośredni wpływ na zachowanie ludzi.
- **Liveware** – czynnik ludzki uwzględniający ludzką wydajność, możliwości i ograniczenia.

Model SHELL pozwala na badanie wzajemnych relacji na etapach człowiek-maszyna (L-H), człowiek-procedury szkoleniowe (L-S), czynnik ludzki (L), współdziałanie (L-L), człowiek-środowisko (L-E).



Rys. 1. Model SHELL [8]

Człowiek, jako najbardziej krytyczny element tego modelu SHELL, jest jego centralnym punktem. Pozostałe elementy modelu muszą być dostosowane do centralnego komponentu. Aby to osiągnąć należy rozpoznać cechy charakterystyczne i ograniczenia czynnika ludzkiego. Na przykład, ludzie mają ograniczenia w zakresie możliwości przetwarzania informacji, takie jak pojemność pamięci, czas wyszukiwania i reakcji na informację. Dodatkowo mogą na nie wpływać inne czynniki, takie jak motywacja, stres i wysokie obciążenie pracą.

### 3. NIEZAWODNOŚĆ CZŁOWIEKA I PRZYCZYNY BŁĘDÓW LUDZKICH

Analizując niezawodność układu technicznego nie można pomijać niezawodności człowieka. Ze względu na dużą zawodność człowieka, analiza wyłącznie niezawodności systemu technicznego jest podejściem niepoprawnym. Dlatego też problematyka niezawodności człowieka powinna być integralną częścią niezawodności systemów [15].

W odniesieniu do człowieka używa się wielu definicji niezawodności. Niezawodność człowieka można na przykład zdefiniować jako zdolność do wykonywania zadań z minimalnym ryzykiem błędu, w określonych warunkach i określonym czasie. Definicja ta uwzględnia istotne aspekty działania człowieka, takie jak dokładność i szybkość oraz fakt uzależnienia jakości tego działania od środowiska materialnego. Nie są jednak w tej definicji brane pod uwagę specyficzne cechy człowieka odróżniające go od obiektu technicznego, takie jak podmiotowość człowieka, wynikająca z jego świadomości. Człowiek spełnia stawiane mu wymagania w sposób świadomy, jest w stanie określić stopień swojej zawodności, a także dostrzec konsekwencje niespełnienia tych wymagań. Istotną różnicą jest również zdolność uczenia się i podejmowania przez człowieka racjonalnych decyzji w sytuacjach trudnych do przewidzenia. Te i inne cechy, decydując o unikalnym charakterze jego niezawodności, stawiają człowieka w uprzywilejowanej pozycji [2]. Niestety są one również zagrożeniem wynikającym z faktu wymagań wobec człowieka, które mogą przekroczyć jego możliwości.

Z definicji niezawodności człowieka, jako zdolności do spełnienia wymagań i unikania błędów, wynika potrzeba prowadzenia niezbędnych w tym celu badań. Powinny być one wykonywane pod kątem klasyfikacji błędów popełnianych przez człowieka, identyfikacji ich źródeł pochodzenia oraz metod zapobiegania poprzez usuwanie przyczyn ich występowania [20].

Wśród wielu klasyfikacji błędów popełnianych przez człowieka, podział na kategorie błędów ogólnych oraz kategorie specyficzne, wynikające z wykonywanych czynności, wydaje się najbardziej właściwy. Na przykład w transporcie do błędów operatorskich można zaliczyć:

- brak prawidłowej czynności po pojawieniu się sygnału,
- czynność spóźniona,

- czynność wykonana w porę, lecz nie dokończona lub wykonana zamiast innej,
- czynność zbyteczna, wynikająca z chaotycznej aktywności,
- czynność przedwczesna,
- czynność spontaniczna, bez sygnału z zewnątrz,
- czynność przeciwstawna do czynności pożądanej lub niedoładna.

Jak już wspomniano, w analizie przyczyn błędów człowieka należy uwzględniać podmiotowość człowieka, a więc świadomość i zdolność do kierowania własnym postępowaniem. Pozwala to człowiekowi na unikanie błędów. Natura ludzka ma jednak swoje mocne i słabe strony. Głównych przyczyn błędów człowieka podczas wykonywania pracy zalicza się [6]:

1. Brak komunikacji – błędy i zakłócenia w obiegu informacji.
2. Rutyna - pewność wynikająca z długotrwałej praktyki połączona z utratą świadomości istniejących zagrożeń, wywołana często powtarzającymi się czynnościami.
3. Brak wiedzy – brak jasności lub pewności zrozumienia czegoś.
4. Roztargnienie – spowodowane np. przez odwrócenie uwagi, zamieszanie, chaos myślowy.
5. Brak współpracy w zespole – niespójny wysiłek grupy ludzi spowodowany np.: brakiem poczucia wspólnoty celu, lękiem przed przekazaniem kierownictwu informacji o błędach popełnianych przez innych, nieodpowiednim stylem przywództwa lub nieodpowiednim sposobem komunikowania się.
6. Zmęczenie – bywa ignorowane (dopóki nie jest nadmierne, człowiek nie zdaje sobie z niego sprawy).
7. Brak zasobów – brak narzędzi, materiałów, nieaktualna dokumentacja, niewłaściwe warunki pracy.
8. Presja – spowodowana naciskiem przełożonych lub współpracowników, brakiem czasu, niewłaściwym ustawieniem zadań.
9. Brak asertywności – brak umiejętności odmówienia wykonania zadania wynikający np. z braku pewności siebie, z lęku czy z kompleksów.
10. Stres – zdenerwowanie wywołane np.: presją czasu, nową metodyką, zmianą zakresu zadań, rywalizacją lub czynnikami prywatnymi.
11. Nieostrożność – błędna ocena możliwych konsekwencji działania spowodowana np.: presją, brakiem doświadczenia czy brakiem wiedzy.
12. Ułatwienia – przyjmowanie przez większość osób odstępstw od instrukcji i zasad.

Przewidywanie przyczyn błędów popełnianych przez człowieka jest bardzo trudne [19]. Źródłem ograniczeń wydolności ludzkiej są: zmysły (wzrok, słuch, dotyk, węch, smak), czynności poznawcze (koncentracja, percepcja, przetwarzanie informacji), pamięć, motywacja, świadomość sytuacyjna (zdolność rozumienia tego co widzimy i określenie konsekwencji działania). Czynniki, które mogą wpłynąć na poziom niezawodności człowieka są: zdrowie i kondycja psychofizyczna, zmęczenie, monotonia oraz napięcie emocjonalne (stres) [5, 10]. W analizie przyczyn błędów niezwykle istotne jest uwzględnianie indywidualnych możliwości człowieka (temperament, osobowość, rutyna) jako cech trwałych oraz stanów (zmęczenie, stres, nastawienie) jako cech zmiennych [4]. Należy również rozpatrywać wpływ czynników zewnętrznych, na przykład środowiska czy sytuacji. Elementami środowiska są rzeczy i ludzie pozostający ze sobą w różnych stosunkach. Tak więc, każdy człowiek jest elementem swojego środowiska. Zachowanie człowieka zachodzi w określonym środowisku oraz w określonej sytuacji. Sytuacją nazywamy każdą interakcję między człowiekiem a elementami środowiska, zachodzącą w określonym czasie i w określonej przestrzeni, wynikającą z przyjętego celu działania. Prawdopodobieństwo zajścia określonego zdarzenia można rozpatrywać w kontekście sytuacji

rzeczywistej, czyli obiektywnej (złożoność, jasność, siła, swoboda bądź przymus, zadania, role, reguły postępowania, cechy fizyczne, inne osoby) i postrzeganej, czyli subiektywnej (cele, oczekiwania, potrzeby, motywy, emocje). Zarówno środowisko jak i sytuacje nakładają czasami na człowieka zbyt duże wymagania, wpływając tym samym na jego zawodność. Gwałtowne zmiany zachodzące podczas awarii obiektu technicznego zmuszają człowieka do działania z uwzględnieniem deficytu czasu, będąc źródłem stresu. Stan zagrożenia może przybrać postać ujemnych emocji (lęku, strachu) przyczyniając się do popełniania błędów. Skłonność do ulegania stresom, jak również zdolność opanowania sytuacji stresowej należą do indywidualnych cech człowieka. Należy jednak zaznaczyć, że można w wyniku ćwiczeń zwiększyć swoją odporność na stres.

## 4. METODY OCENY NIEZAWODNOŚCI CZŁOWIEKA

Istnieje wiele metod jakościowej i ilościowej oceny potencjalnego wpływu czynnika ludzkiego na bezpieczeństwo nazywanych metodami Human Reliability Analysis (HRAs). Metody HRA można podzielić na dwie generacje. Do „pierwszej generacji” należą następujące metody:

- Technique for Human Error Rate Prediction (THERP),
- Accident Sequence Evaluation Program (ASEP),
- Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART),
- Simplified Plant Analysis Risk-Human (SPAR-H) reliability assessment.

Pierwsze narzędzia opracowano, aby pomóc ocenić ryzyko oraz przewidzieć i oszacować prawdopodobieństwo popełnienia błędu ludzkiego. Metody te proponują podział zadania na części składowe, a następnie rozważenie potencjalnego wpływu poszczególnych czynników, takich jak deficyt czasu i stres. Koncentrują się one na regułach i zasadach ludzkiego działania nie uwzględniając takich czynników, jak wpływ środowiska i sytuacji. Mimo tych wad są one przydatne, a wiele z nich jest regularnie wykorzystywanych do jakościowej i ilościowej oceny ryzyka.

Metoda THERP opracowana w 1983 roku służy do identyfikacji i oceny ryzyka występowania błędów ludzkich [11]. Może być również używana do identyfikacji zagrożeń i przyczyn wypadków. Dzięki tej metodzie, można określić prawdopodobieństwo wystąpienia błędów ludzkich oraz dotkliwość ich skutków. Analiza metodą THERP składa się z następujących etapów:

1. Rozpoznanie problemu przy uwzględnieniu informacji od analityków systemowych.
2. Ocena jakościowa problemu poprzez:
  - analizę zadań i ich podział na elementy,
  - budowę drzewa zdarzeń HRA.
3. Ocena ilościowa poprzez:
  - wyznaczenie prawdopodobieństwa wystąpienia błędów ludzkich HEP dla każdego elementu,
  - określenie wpływu współczynnika PSF (ang. Performance Shaping Factors) na każdy z elementów,
  - ocena efektów współzależności pomiędzy zadaniami,
  - wyznaczenie prawdopodobieństwa sukcesu i niepowodzenia dla całego zadania.
4. Badania i wykorzystanie wyników:
  - analiza wrażliwości,
  - przekazanie informacji analitykom systemowym.

W wyniku dogłębnej analizy przeprowadzonej metodą THERP, można odpowiednio wcześniej podjąć działania zmniejszające prawdopodobieństwo wystąpienia błędów ludzkich, a także stopień ich dotkliwości.

ASEP jest skróconą wersją metody THERP opracowaną w roku 1987. W skład metody ASEP wchodzi cztery procedury [7]:

- zadania poprzedzające wypadek: zadania, które, w przypadku niewłaściwego wykonania mogą doprowadzić do niedostępności systemu lub jego elementów, uniemożliwiając w ten sposób odpowiednie reagowanie na wypadek.
- zadania powypadkowe: zadania, które mają pomóc w przywróceniu systemu do poprzedniego stanu, w jakim system się znajdował przed wystąpieniem uszkodzenia,
- przesiewowa analiza ludzkiej niezawodności: wstępna analiza wrażliwości zmniejszająca ilość szczegółowych analiz do wykonania,
- formalna analiza ludzkiej niezawodności: probabilistyczna ocena ryzyka przeprowadzana dla każdego zadania zidentyfikowanego podczas procesu przesiewowego, umożliwiającą wykrycie wszystkich możliwych źródeł błędów.

HEART została opracowana przez Williama w roku 1985, a następnie zmodyfikowana w 1988 roku. Metoda uwzględnia zadania człowieka oraz czynniki ergonomiczne i środowiskowe, które wpływają negatywnie na wykonywanie tych zadań [11]. W HEART zdefiniowano 9 ogólnych zadań GTT (ang. Generic Task Types) i odpowiadające im wartości nominalne zawodności człowieka HEP (ang. Human Error Potential) oraz określono 38 warunków wpływających niekorzystnie na działanie człowieka EPC (ang. Error Producing Conditions) wraz ze współczynnikami korekcyjnymi. Dla analizowanego zadania dobiera się odpowiadające mu zadanie ogólne, a następnie wyznacza się prawdopodobieństwo błędu człowieka zależne od iloczynu współczynników EPC.

Metoda SPAR-H została opracowana w 1999 roku dla Amerykańskiej Komisji Badań Jądrowych. W metodzie tej dokonuje się dekompozycji zadań wykonywanych przez człowieka z uwzględnieniem dwóch podstawowych rodzajów: diagnozowanie i/lub działanie. W przypadku zadań złożonych z diagnozowania i działania, prawdopodobieństwo błędu człowieka HEP (ang. Human Error Potential) jest sumą wartości nominalnych prawdopodobieństw błędów diagnozowania i działania [3]. Prawdopodobieństwo wyliczane jest z uwzględnieniem ośmiu czynników wpływu PSF kształtujących wydajność człowieka. Wyróżnia się następujące czynniki wpływu PSF: dostępny czas, stres, złożoność zadania, doświadczenie i trening, ergonomia, dostępność procedur, sprawność do wykonania zadania, na którą może wpływać psychiczna i fizyczna kondycja operatora, zmęczenie, choroba, zbyt duża pewność siebie, rozproszenie uwagi, nadzór nad wykonywanymi zadaniami, planowanie zadań i czynniki organizacyjne łącznie rozumiane, jako przygotowanie procesu pracy.

Rozwój narzędzi "drugiej generacji" rozpoczął się w latach dziewięćdziesiątych. W metodach tych podjęto próbę uwzględnienia wpływu środowiska i sytuacji w przewidywaniu błędów ludzkich. Metody „drugiej generacji” są wciąż rozwijane, ale już na obecnym poziomie mogą dostarczyć użytecznych informacji na temat niezawodności człowieka.

„Druga generacja” to m.in. metody:

- A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA),
  - Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM).
- ATHEANA to metoda HRA opracowana przez Amerykańską Komisję ds. Energii Jądrowej w 2000r. Metoda ta ma na celu zidentyfikowanie prawdopodobnych sytuacji związanych z błędami i potencjalnych kontekstów wymuszających błędy EFC (ang. Error-Forcing Context) oraz oszacowanie prawdopodobieństwa błędu HEP (ang. Human Error Probabilities) w ocenach ryzyka. Metodologia ATHEANA składa się z następujących etapów [21]:
- zdefiniowanie problemu, który będzie rozpatrywany,
  - określenie zakresu przeprowadzanej analizy,
  - opisanie wszystkich scenariuszy wypadkowych i ich kontekstu,

- zdefiniowanie HFEs (ang. Human Failure Events) i ich podzielenie na dwie grupy: bezpieczne i niebezpieczne zdarzenia UAs (ang. Unsafe Actions),
- ocena informacji istotnych dla funkcjonowania człowieka i scharakteryzowanie czynników, które mogłyby doprowadzić do potencjalnych słabych punktów,
- szukanie odchyleń w każdym scenariuszu związane z badanym HFE/UA,
- ocena możliwości odtworzenia,
- oszacowanie prawdopodobieństw błędu ludzkiego (HEPs) dla zdarzeń związanych z zawodnością człowieka (HFE) / czynnościami niebezpiecznymi (UAs),
- włączenie wyników analizy ATHEANA do probabilistycznej oceny ryzyka PRA (ang. Probabilistic Risk Assessment).

Metoda CREAM została opracowana przez Erika Hollnagela w 1998 roku. Metoda ta może być wykorzystana do analizy popełnionych przez człowieka błędów, a także do oszacowania prawdopodobieństwa popełnienia błędu [1]. Metoda retrospektywna składa się z dziewięciu fenotypów (m. in. czas, czas trwania, siła, odległość, prędkość, kierunek, niewłaściwy obiekt, sekwencja, jakość/poziom) i trzech kategorii genotypów (czynniki ludzkie, czynniki techniczne / środowiskowe, czynniki organizacyjne). Analiza polega na wyborze kolejnych fenotypów, charakterystycznych dla niepoprawnego działania człowieka, a następnie dobraniu takiego genotypu, który najbardziej odpowiada danemu fenotypowi. Perspektywiczna analiza CREAM jest metodą, która określa prawdopodobieństwa ilościowe, by zidentyfikować systemy wysokiego ryzyka. W metodzie tej wyszczególniono cztery tryby sterowania właściwe dla poziomu kontroli wykonywanej przez operatora [13]:

- strategiczny (operator ma niewielką kontrolę nad sytuacją i losowo wybiera kolejną akcję),
- taktyczny (operator postępuje zgodnie ze znaną sobie procedurą lub regułą),
- oportunistyczny (operator wybiera nieefektywnie działania),
- mieszany (działania są wybierane po dokładnym rozważeniu zależności funkcjonalnych między etapami zadania i interakcji między wieloma celami).

Każdemu trybowi sterowania przypisany jest zakres prawdopodobieństwa popełnienia błędu przez człowieka, co daje ogólny pogląd na poziom niezawodności człowieka. Właściwą wartość prawdopodobieństwa uzyskujemy po uwzględnieniu jednego z dziewięciu poziomów CPC (ang. Common Performance Condition).

## PODSUMOWANIE

Badanie przyczyn wypadków w transporcie wskazuje, że główną przyczyną ich powstawania jest czynnik ludzki. Dlatego też niezbędne jest doskonalenie metod analizy niezawodności człowieka (HRA), które dotyczą interakcji pomiędzy człowiekiem a obiektem technicznym. Właściwa ocena zachowania się człowieka oraz błędów przez niego popełnianych pozwala na poprawną ocenę ryzyka i racjonalne podejmowanie decyzji w procesie zarządzania bezpieczeństwem. Minimalizacja występowania zagrożenia jest możliwa dzięki przeprowadzeniu analizy błędów ludzkich przy wykorzystaniu metod HRA. Mimo ogólnie przyjętych metod służących do przeprowadzania analizy niezawodności człowieka, istnieją duże trudności w precyzyjnej ocenie wpływu czynnika ludzkiego na poziom bezpieczeństwa. Wielu ekspertów uważa, że aktualne metody HRA są zbyt mało szczegółowe i stosują uproszczoną koncepcję błędów człowieka, dlatego też cały czas trwają prace nad nowymi metodami. W artykule wskazano na potrzebę uwzględnienia w tych metodach podmiotowego charakteru człowieka, co wynikająca z jego świadomości. Człowiek realizuje zadania w sposób świadomy, ma

zdolność oceny zmieniającej się sytuacji, zdolność do działania w nietypowych sytuacjach, pomysłowość w rozwiązywaniu problemów oraz uczenie się na swoich i cudzych błędach. Natura ludzka ma jednak swoje słabe strony. Dlatego też, w analizie niezawodności człowieka, niezbędne jest większe zwrócenie uwagi na prawa rządzące psychiką i zachowaniem człowieka, czyli aspektu psychologicznego.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bedford T., Bayley C., Revie M.: *Screening, sensitivity, and uncertainty for the CREAM method of Human Reliability Analysis*. Reliability Engineering & System Safety, Volume 115, pp. 100-110, 2013.
2. Bedny G.Z., Harris S.R.: *Safety and reliability analysis methods based on systemic-structural activity theory*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Journal of Risk and Reliability, Volume 227, Issue 5, pp. 549-556, 2013.
3. Boring R.L., Blackman H.S.: *The origins of the SPAR-H method's performance shaping factor multipliers*. Proc. IEEE 8th Conference on Human Factors and Power Plants/HRPCT 13th Annual Meeting, Monterey, CA, pp. 177-184, 2007.
4. Cloninger C.R., Svrakic D.M., Przybeck T.R.: *A psychobiological model of temperament and character*. Archives of General Psychiatry, Volume 50, Issue 12, pp. 975-990, 1993.
5. Cloninger C.R., Zohar A.H.: *Personality and the perception of health and happiness*. Journal of Affective Disorders, Volume 128, Issue 1-2, pp. 24-32, 2011.
6. Dąbrowska J.: *Czynnik ludzki w lotnictwie*. Prace Instytutu Lotnictwa 221, str. 66-70, Warszawa, 2011.
7. Gore B.F., Dukelow J.S., Mitts T.M., et al.: *Conservatism of the Accident Sequence Evaluation Program HRA procedure*. Risk Analysis, Volume 17, Issue 6, pp. 781-787, 1997.
8. Hawkins F.H., Orlady H.W. (Ed.): *Human factors in flight*. England: Avebury Technical, 1993.
9. Keightley A.: *Human factors study guide*. Palmerston North: Massey University, 2004.
10. Kim S.H., Hamann S.: *Neural correlates of positive and negative emotion regulation*. Journal of Cognitive Neuroscience, 19(5), pp. 776-798, 2007.
11. Kirwan B.: *The validation of three human reliability quantification techniques THERP, HEART and JHEDI, Part I - Technique descriptions and validation issues*. Applied Ergonomics, Volume 27, Issue 6, pp. 359-373, 1996.
12. Łukasik, Z., Ciszewski, T., Wojciechowski, J.: *Power supply safety of railway traffic control systems as a part of international transport safety*. Proceedings of the 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences, Rajecke Teplice, Slovakia, 2016, Part I, pp 1212-1219, 2016.
13. Marseguerra M., Zio E., Librizzi, M.: *Quantitative developments in the cognitive reliability and error analysis method (CREAM) for the assessment of human performance*. Annals of Nuclear Energy, Volume 33, Issue 10, pp. 894-910, 2006.
14. Merksiz J., Galant M., Markowski J., Karpiński D.: *Ocena wybranych metod analizy niezawodności człowieka (HRA) w aspekcie ich wykorzystania w transporcie lotniczym*. Logistyka 6/2014, 2014.
15. Nowakowski W., Ciszewski T., Łukasik Z.: *The Human as the Weakest Link in Ensuring Technical Safety*. Proceedings of the 17th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences, Rajecke Teplice, Slovakia, Part IV, pp. 1788-1795, 2017.

16. Nowakowski W., Łukasik Z., Bojarczak P.: *Technical safety in the process of globalization*. Proceedings of the 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences, Rajecke Teplice, Slovakia, 2016, Part IV, pp. 1571-1578, 2016.
17. Olpiński W.: *Niezawodność człowieka w systemie sterowania ruchem kolejowym*. Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 173, 2016.
18. Pniewski R., Kornaszewski M.: *Global safety of Traffic Control Systems in anthropotechnical aspects*. 17th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences. Proceedings, Part IV. pp. 2012-201, 2017.
19. Ruiz-Moreno J.M., Trujillo H.M.: *Models for assessment of human error in system reliability studies*. Anales de Psicología, Volume 28, Issue 3, pp. 963-977, 2012.
20. Saetren G.B., Hogenboom S., Laumann, K.: *A study of a technological development process: Human factors-the forgotten factors?* Cognition Technology & Work, Volume 18, Issue 3, pp. 595-611, 2016.
21. Thompson C.M., Cooper S.E., Kolaczowski A.M., et al.: *The application of ATHEANA: A technique for human error analysis*. Proc. IEEE 6th Conference on Human Factors and Power Plants - Global Perspectives of Human Factors in Power Generation, Orlando, FL, USA, pp. 913-917, 1997.

### Methods for evaluating the human factors influence on the safety in transport

*Safety is one of the main conditions for the functioning of the transport. The most attention is paid to the technical aspects of transport safety. However, accidents in transport are caused by many different factors and these primarily are: human factors, organizational factors, technical factors and environmental factors. Statistical data indicate that the main cause of accidents and disasters in transport are human errors. Thus, the elimination or reduction of their number could significantly improve the safety in transport. In the article the issues of human reliability in the context of ensuring safety are discussed. Additionally, the classification of human errors was given and an analysis of the causes of these errors was conducted. The main emphasis was put to present and evaluate of the selected methods of qualitative and quantitative Human Reliability Analysis (HRA), such as: THERP, ASEP, HEART, SPAR-H, ATHEANA, CREAM.*

Autorzy:

dr inż. **Waldemar Nowakowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, w.nowakowski@uthrad.pl

dr inż. **Tomasz Ciszewski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, t.ciszewski@uthrad.pl

prof. dr hab. inż. **Zbigniew Łukasik** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, z.lukasik@uthrad.pl

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2018.059

Data zgłoszenia: 2018.05.21 Data akceptacji: 2018.06.15