ANALIZA STRUKTURY WYDATKU ENERGETYCZNEGO KIEROWCÓW SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH W CZASIE REALIZACJI PRZEWOZU TRANSPORTOWEGO

W artykule podjęto próbę oceny wielkości wydatku energetycznego kierowców zawodowych samochodów ciężarowych, którzy realizowali przewozy transportowe na trasach tzw. „długodystansowych”. Zakres badań obejmował określenie relacji między ilością uderzeń serca a chwilową sytuacją drogową, rozumianą jako punkt drogi wymagający od kierowcy szczególnej uwagi np.: skomplikowane skrzyżowanie, itp. Badania przeprowadzono w prywatnym przedsiębiorstwie transportowym wykorzystując jako aparaturę pomiarową miernik skurczów serca firmy POLAR oraz mikroprocesorowy miernik wydatku energetycznego WE-4. Na podstawie pomiarów określono wskaźnik rezerwy tętna oraz wydatek energetyczny na podstawie wentylacji płuc. Odnotowano istotne relacje między stopniem trudności sytuacji drogowej a wskaźnikiem rezerwy tętna, co może być wykorzystane przy organizacji pracy kierowcy poprzez dopasowanie przerw do stopnia zmęczenia fizjologicznego.

WSTĘP

Stopień koncentracji człowieka w czasie pracy jest podstawowym elementem poprawnej realizacji danego procesu, szczególnie dotyczy to kierowców samochodów ciężarowych. W inżynierii ruchu bardzo istotne jest traktowanie obiektu jako systemu, który składa się z trzech elementów: człowiek – pojazd – droga. Najistotniejszym z tych elementów jest człowiek, dlatego też rozwiązywanie problemów ruchu drogowego wymaga znajomości zachowania użytkowników dróg – kierowców, rowerzystów oraz pieszych. Znajomość cech człowieka pozwala bowiem projektantom dróg oraz organizatorom ruchu drogowego tworzyć i eksploatować wyżej wspomniany system w sposób możliwie najbardziej użyteczny i bezpieczny [1]. Kierowcy zawodowi poprzez specyfikę wykonywanego zawodu narażeni są na różne choroby, m.in.: na chorobę wibracyjną lub dyskopatię. Dolegliwości kręgosłupa wywołane nieprawidłową postawą ciała podczas prowadzenia pojazdu, braku regulacji lub zniszczonym fotelu kierowcy czy także nieprawidłowej postawie przy przenoszeniu ładunków [2]. Na stanowisku pracy kierowcy zawodowego występują także dodatkowe czynniki takie jak odpowiedzialność za przewożone ładunki, konieczność posiadania wysokich umiejętności manewrowania dużym pojazdem w różnych warunkach drogowych, konieczność ścisłego przestrzegania reżimu czasowego przewozów [3]. Juliszewski i in. [4] przebadali szereg komputerowych interfejsów pokładowych maszyn i ciągników rolniczych oraz procedur uruchamiania wybranych funkcji obserwując niejednokrotnie brak logicznych związków pomiędzy nimi w ciągnikach i maszynach różnych producentów. Dodatkowym utrudnieniem w konfiguracji takiego systemu jest niejednoznaczność metod pomiaru obciążenia psychicznego, które pomimo wielu technik nie dają wystarczających wyników, a zagadnienia eutyfoniki są jeszcze mało rozpowszechnione [5]. Pomimo ogromnych możliwości potencjalnych ludzkiego mózgu istotne znaczenie ma tu następujące ograniczenie [6]: redukcja strumienia informacji wynosi od 3 000 000 bitów/sek. (przepływ przez układ nerwowy) do 16 bitów/sek. (strumień informacji świadomie spostrzegany) i 0,7 bita/sek. (strumień informacji trwale zapamiętywany). Istotą pracy umysłowej jest podejmo-

wanie decyzji na podstawie informacji zewnętrznych (eksteroceptywnych) i wewnętrznych (priproceptywnych). Istotnym elementem komfortu pracy jest antropometryczne dostosowanie wnętrza kabiny ciągnika do operatora. Prawidłowa organizacja stanowisk roboczych ma na celu osiągnięcie optymalnych wyników ekonomicznych przez zwiększenie wydajności i poprawę jakości pracy [7]. W związku z powyższym problem znużenia psychicznego w pracy staje się coraz bardziej istotny i niepokojący. Stres jest to stan, który charakteryzowany jest przez silne emocje negatywne, takie jak strach, wrogość, a także inne stany emocjonalne, wywołujące stres oraz związane z nimi zmiany fizjologiczne i biochemiczne, ewidentnie przekraczające stan normalny [8]. Czynnikiem wywołującym stres jest wystąpienie rozbieżności pomiędzy wymaganiami a możliwościami jednostki co do radzenia sobie z nimi. Szacuje się, że negatywnych skutków stresu zawodowego doświadcza co czwarty pracownik Unii Europejskiej, a ok. 50-60% przyczyn absencji chorobowej ma z nim związek. Stres zajmuje drugie miejsce po dolegliwościach mięśniowo – szkieletowych wśród najczęściej zgłaszanych problemów zdrowotnych związanych z pracą zawodową [9]. Obciążenie psychiczne pracą stanowiło główny temat posiedzenia Komitetu Ergonomii Polskiej Akademii Nauk, gdzie główne spostrzeżenia w obrębie tego zagadnienia zostały przedstawione w formie monografii. Taka sytuacja powoduje, że człowiek obciążony dotychczas głównie pracą fizyczną obecnie jest narażony w znacznym stopniu na obciążenie mentalne wynikające z nadmiaru informacji przekraczającej jego możliwości ich percepcji i przetwarzania. Dodatkowym utrudnieniem w konfiguracji takiego systemu jest niejednoznaczność metod pomiaru obciążenia psychicznego, które pomimo wielu technik nie dają wystarczających wyników, a zagadnienia eutyfoniki są jeszcze mało rozpowszechnione [10]. Duże znaczenie przy projektowaniu stanowisk pracy ma prawidłowe rozmieszczenie w przestrzeni wszystkich punktów, które człowiek musi dostrzec i na które musi oddziaływać. Powinny być one tak rozmieszczone, aby operator mógł przeprowadzić zmiany w ich działaniu w sposób najbardziej bezpieczny i niewymagający nadmiernego wysiłku [11]. Mnogość rozwiązań technologicznych, intuicyjność obsługi, równowaga między różnymi funkcjami celu w tym komfortu pracy kierowcy powoduje dużą trudność przy ocenie ergonomicznej

środków transportowych a wskazanie najlepszego jest skomplikowanym procesem [12].

1. CEL, ZAKRES I PRZEDMIOT BADAŃ

Celem badań było określenie wartości wydatku energetycznego zawodowego kierowcy ciągnika siodłowego w czasie realizacji czynności zawodowych związanych z prowadzeniem pojazdu na zadanym odcinku trasy i porównanie otrzymanych wyników z charakterystyką drogi, którą pokonywał kierowca.

Zakres badań obejmował sporządzenie chronometrażu czasu pracy kierowcy ciągnika siodłowego w trakcie jego typowego dnia pracy. Pomiar parametrów obciążenia fizycznego polegał na pomiarze liczby skurczów serca w jednostce czasu, a następnie wyliczenie wskaźnika rezerwy tętna WRT (ang. HRR – heart rate reserve), jak również na określeniu zużycia tlenu, wyznaczonego na podstawie pomiaru wentylacji płuc. Dodatkowo określenie punktów trasy istotnych z punktu widzenia mierzonych parametrów wydatku energetycznego i ich szczegółowej analizy.

Przedmiotem badań był kierowca realizujący transport na trasie Jasień - Brunken w Szwecji. Pomiar został wykonany na pierwszym odcinku trasy. Kierowca wyruszył pojazdem ciężarowym marki Iveco Strauss, z załadowanym dzień wcześniej ładunkiem, z miejscowości Jasień około godziny 16.00, by tego samego dnia po ponad dziewięciogodzinnej jeździe dotrzeć do miejscowości Radziszewko, gdzie zgodnie z ustawą (art.8 ust. rozporządzenia 561/2006 WE) miał odpocząć. Do tego czasu kierowca odbył 6 krótszych przerw, trwających nie więcej niż 15 min każda. Pracownik jechał ze średnią prędkością 90 km/h i pokonał w trakcie przeprowadzania badania 482 km. Kierowca samochodu ciężarowego miał 28 lat, wzrost 180 cm i ważył ok 100 kg. Kierowca pracuje w tym zawodzie od pięciu lat, w przedmiotowej firmie transportowej nieco ponad rok. Biorąc pod uwagę wymiary antropometryczne należy zaznaczyć, że osoba wybrana do badań mieściła się w zakresie 60 centyla populacji męskiej.

2. METODYKA BADAŃ

Wskaźnik rezerwy tętna WRT

Wskaźnik rezerwy tętna WRT (heart rate reserve) obliczono za pomocą równania:

$$WRT = \frac{HR_{pracy} - HR_{min}}{HR_{max} - HR_{min}} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

gdzie:

HRpracy – średnie tętno przy wykonywaniu danej czynności [ud/min], HRmin – tętno bazowe, minimalne [ud/min] (RHR – resting heart rate), HRmax – tętno maksymalne dla danej osoby [ud/min]

Obliczone wartości WRT odniesiono do klasyfikacji wysiłku oszacowanego przez Buchberger'a. Buchberger [13] przedstawił klasyfikację wysiłku fizycznego na podstawie wskaźnika wykorzystania rezerwy tętna (WRT).

- do 25 % - wysiłek bardzo mały,
- 26 – 35 % - wysiłek relatywnie mały,
- 36 – 50 % - wysiłek średni
- 51 – 65 % - wysiłek duży, dopuszczalny tylko dla osób ze zdrowym układem krążenia,
- 66 – 80 % - wysiłek dopuszczalny tylko warunkowo,
- powyżej 80 % - wysiłek niedopuszczalny.

Dodatkowo podzielił analizowane czynności ze względu na czas ich wykonywania na krótkotrwałe i długotrwałe. Wg Kordeckiej [14] czynności krótkotrwałe trwają do 30 minut, natomiast prace długotrwałe to takie, których czas trwania przekracza 30 minut.

Pomiar i rejestracja tętna

Pomiaru i rejestracji częstotliwości skurczów serca dokonano za pomocą monitora pracy serca Polar S810. Urządzenie pomiarowe składa się z nadajnika w postaci opaski zakładanej na klatkę piersiową, odbiornika w postaci zegarka na rękę oraz transmittera danych do komputera. Nadajnik zliczał ilość pulsów serca i drogą sygnału elektromagnetycznego przysyłał uzyskane dane do odbiornika. Po zakończeniu dnia pomiarowego uzyskane dane z odbiornika przesyłano przy pomocy portu na podczerwień do pamięci komputera. Następnie analizowano otrzymane dane przy użyciu programu Polar Precision Performance. Program umożliwiał przetwarzanie uzyskanych informacji i graficzną prezentację przebiegu tętna w czasie trwania pomiaru. Urządzenie zaprogramowano tak, aby dokonywało zapisu tętna, co 5 sekund. Ustawienia takie pozwoliły na nieprzerwany zapis danych przez około 24 godziny.

Na rysunku 1 przedstawiono wizualizację przebiegu tętna podczas wybranego dnia roboczego. Przebieg liczby uderzeń serca w funkcji czasu wygenerowano w programie Polar Precision Performance.

Rys. 1. Przykładowy wykres przebiegu tętna podczas pracy (na osi rzędnych tętno w uderzeniach na minutę, a na osi odciętych – rzeczywisty czas)

Metoda kalorymetrii pośredniej

Metoda gazometryczna oceny wydatku energetycznego jest pochodną kalorymetrii pośredniej. Opiera się na pomiarze wskaźników wymiany gazowej O₂ lub CO₂ w trakcie wykonywania pracy. Stosując niniejszą metodę, szacowana jest ilość pobieranego lub wydalanego przez pracownika powietrza, czyli możliwe jest określenie ilości zużywanego powietrza do wykonywania czynności zawodowych w wyznaczonym roboczym przedziale czasowym. Pomiędzy wartością minutową wentylacji płuc, a wielkością zużytego gazu istnieje silna liniowa zależność.

$$E = 0,21 \times V E(STPD) \quad (2)$$

gdzie:

E – wydatek energetyczny w kJ/min, VE (STPD) – wentylacja płuc, w l/min w warunkach STPD (objętość gazu suchego w temperaturze 0°C i ciśnieniu atmosferycznym 101,3 kPa).

Metodę kalorymetrii pośredniej stosuje się do oceny wysiłku dla prac o niezmiennym w czasie, średnim, i przy stosunkowo mało ruchliwym wysiłku. W zależności od zużycia tlenu pracę dzieli się na:

- lekką – zużycie wynosi 0,5 - 1 l/min,
- umiarkowanie ciężką – zużycie 1 - 2 l/min,
- ciężką – zużycie powyżej 2 l/min.

Do pomiaru wydatku energetycznego metodą gazometryczną wykorzystano miernik MWE-1 (rys. 2). Jest to przenośne urządzenie służące do ilościowej oceny wydatku energetycznego w czasie wykonywania pracy.

Rys. 2. Miernik MWE-1

Zasada działania urządzenia opiera się na pomiarze wentylacji płuc przy użyciu czujnika przepływu powietrza. Wartość wydatku energetycznego obliczana jest przez algorytm obliczeniowy miernika z uwzględnieniem współczynnika ciśnienia atmosferycznego uśrednionego do obszaru Polski, temperatury otoczenia oraz współczynnika korekcyjnego. Wynik pomiaru jest weryfikowany oraz korygowany do wzorcowej metody gazometrycznej. Półmaskę zakłada się na twarz, a następnie podpiną się ją przy użyciu przewodu do układu przetwarzania. Miernik wykonuje pomiar w momencie brania wdechu przez badaną osobę. Wartość wentylacji przeliczana jest do warunków STPD i przedstawiana w litrach na minutę. Wartość netto i brutto wydatku energetycznego wyrażane są: kcal/min, kJ/min, W/m², l/min.

3. WYNIKI BADAŃ

Pierwszy pomiar przeprowadzono w punkcie początkowym trasy samochodu ciężarowego stanowiącej przedmiot eksperymentu (rys. 3). Natomiast na rysunku 4 przedstawiono podstawowe parametry stanu obciążenia fizjologicznego kierowcy samochodu ciężarowego.

Rys. 3. Widok początku trasy samochodu ciężarowego w czasie wyjazdu z miejscowości Jasień

Rys. 4. Wartość wydatku energetycznego kierowcy samochodu ciężarowego w czasie wyjazdu z miejscowości Jasień

Odnotowano, że tętno kierowcy samochodu ciężarowego było wysokie i wynosiło 109 ud·min⁻¹, co przekładało się na wysoki wskaźnik rezerwy tętna wynoszący 40% klasyfikując wysiłek jako średni. Analiza innych wskaźników obciążenia pracą i wynikająca z nich wartość wydatku energetycznego wynosiła 21 kJ/min, wskazuje że był to wydatek klasyfikowany na pograniczu lekkiego i średniego.

Podobne wartości uzyskano w przeliczeniu na m² skóry kierowcy, gdzie wydatek energetyczny organizmu wynosił 83,6 W czyli w przeliczeniu na jednostki metabolizmu ok 1,5 met. Należy podkreślić dużą zbieżność w wynikach wydatku energetycznego między zastosowanymi w eksperymencie metodami badawczymi, co może oznaczać że czynnik emocjonalny i stres wywołany czynnościami zawodowymi miał w przypadku badanej osoby marginalne znaczenie. Daje to pewność, że osoba wybrana do badań ma konieczne doświadczenie w pracy kierowcy i dalsza analiza jego pracy da stabilne i miarodajne wyniki.

Następny pomiar przeprowadzono trzydzieści minut później na skrzyżowaniu targowisko, gdzie tętno kierowcy w czasie danej sytuacji wynosiło 97 ud/min, a wskaźnik rezerwy tętna odpowiadał wartości 31,1 %, co można sklasyfikować jako wysiłek średni. Wartość wydatku energetycznego wyniosła 16,3 kJ/min. Następny pomiar przeprowadzono podczas przejazdu przez skrzyżowanie Biezanów-Prokocim (rys. 5.)

Rys. 5. Widok trasy samochodu ciężarowego w czasie przejazdu przez skrzyżowanie Biezanów-Prokocim

Wartość tętna kierowcy wyniosła 84 ud/min, co przekładało się na wskaźnik rezerwy tętna równy 21,5 % i klasyfikowało wysiłek jako średni. Zmierzona wartość wydatku energetycznego metodą pomiaru wentylacji płuc wyniosła 11,3 kJ/min klasyfikując wysiłek kierowcy jako lekki. W przypadku przejazdu przez węzeł „Balice” tętno kierowcy wyniosło 82 ud/min, a wskaźnik WRT oscylował wokół 20% (rys.6).

Rys. 6. Wartość wydatku energetycznego kierowcy samochodu ciężarowego w czasie przejazdu przez węzeł "Balice"

Na rysunku 7 przedstawiono mierzone parametry kierowcy w czasie wykonywania manewru parkowania wynikającego z normalnego jednostkowego czasu pracy kierowców. Zmierzona tętno kierowcy samochodu ciężarowego było wysokie i wynosiło 104 ud/min, co przekładało się na wysoki wskaźnik rezerwy tętna wynoszący 36,3% klasyfikując wysiłek jako średni. Wartość wydatku energetycznego mierzona metodą gazometryczną wyniosła 19,1 kJ/min klasyfikując wysiłek jako lekki. Jest to logiczne ponieważ manewr parkowania wymaga od kierowcy samochodu ciężarowego szczególnej uwagi, co w konsekwencji znacząco zwiększa obciążenie psychiczne w stosunku do wysiłku fizycznego.

Rys. 7. Wartość wydatku energetycznego kierowcy samochodu ciężarowego w czasie parkowania, miejscowość Paździorno

Natomiast na rysunku 8 przedstawiono parametry obciążenia fizjologicznego kierowcy pojazdu ciężarowego w czasie przejazdu przez skrzyżowanie w Kosmotłach na drodze krajowej nr 5.

Rys. 8. Wartość wydatku energetycznego kierowcy samochodu ciężarowego w czasie przejazdu przez skrzyżowanie, Kosmotłach

Tętno kierowcy w punkcie pomiarowym wynosiło 90 ud/min, a wskaźnik rezerwy tętna wynosił 25,9%, co wg klasyfikacji jest charakterystyczne dla wysiłku relatywnie małego. Natomiast wysiłek lekki wskazywała druga metoda pomiarowa, gdzie wydatek wynosił 13,6 kJ/min. Świadczy to o nieznacznym zaangażowaniu procesu myślowego kierowcy i wynikającym z niego obciążeniu psychicznym w czasie przejazdu przez nieskomplikowane skrzyżowanie.

Bardzo zbieżne wyniki świadczące o minimalnym zaangażowaniu procesu myślowego oraz nie występowaniu czynnika emocjonalnego odnotowano u kierowcy w czasie wyjazdu samochodu ciężarowego z miasta Browina (rys.9)

Rys. 9. Widok początku trasy samochodu ciężarowego w czasie wyjazdu z miasta Browina

Tętno kierowcy wynosiło 77 ud/min, co odpowiadało wartości 16,3% WRT – wysiłek lekki. Wydatek energetyczny wynosił 8,6 kJ/min i wg skali Christensena jest charakterystyczny dla wysiłku bardzo lekkiego.

Kolejny punktowy pomiar przeprowadzono na skrzyżowaniu w miejscowości Wrociszów (rys.10).

Rys. 10. Widok trasy samochodu ciężarowego w czasie przejazdu przez skrzyżowanie

W tym przypadku również obciążenie fizjologiczne kierowcy (rys.11) sklasyfikowano jako bardzo małe (WRT 18,5%). Wydatek energetyczny wg metody kalymetrii pośredniej również klasyfikował go jako bardzo lekki (9,7 kJ/min).

Rys. 11. Wartość wydatku energetycznego kierowcy samochodu ciężarowego w czasie przejazdu przez skrzyżowanie, Wrociszów

Ostatni pomiar przeprowadzono w czasie parkowania kierowcy na parkingu w okolicy miejscowości Radziszewko (rys.12).

Rys. 12. Wartość wydatku energetycznego kierowcy samochodu ciężarowego w czasie parkowania, Radziszewko

Wartość tętna kierowcy wyniosła 79 ud/min a w konsekwencji . wskaźnik rezerwy tętna dla tej czynności był równy 27%, co wskazuje, że był to wysiłek lekki. Wartość wydatku energetycznego nie przekraczała 14,2 kJ/min, co również klasyfikuje daną czynność jako wysiłek lekki.

Analizując parametry kierowcy samochodu ciężarowego w obrębie interwału czasu wynoszącego 14 godzin, czyli od wyjazdu z bazy do miejsca postoju noclegowego stwierdzono, że średnia wartość tętna wynosiła 82 ud/min (rys. 13). Tylko w dwóch na szesnaście analizowanych sytuacji wartość tętna pracy kierowcy przekroczyła 100 ud/min.

Rys. 13. Jednostkowa liczba uderzeń serca kierowcy samochodu ciężarowego w czasie pracy

W czternastu punktach pomiarowych wydatek energetyczny sklasyfikowany był jako relatywnie mały, natomiast w dwóch pozostałych punktach jako średni. Na rysunku 14 przedstawiono przebieg wentylacji płuc w czasie pracy kierowcy.

Rys. 14. Wentylacja płuc kierowcy samochodu ciężarowego w czasie pracy

Zaobserwowano, że kształt charakterystyki jest nieco odmienny od kształtu charakterystyki liczby skurczów serca, co świadczy o istotnym znaczeniu czynnika emocjonalnego w pracy kierowcy. Stwierdzenie to dotyczy szczególnie czynności związanych z manewrowaniem samochodem w miejscach postojowych oraz włączaniem się do ruchu.

PODSUMOWANIE

Stwierdzono, że wśród wszystkich czynności wykonywanych w czasie pracy kierowcy najwyższą częstotliwością skurczów serca charakteryzowały się czynności należące do grupy tzw. czynności

manipulacyjnych związanych z parkowaniem i wyjazdem z parkingu, dlatego bardzo istotne są systemy wspomagające kierowcę w czasie manewrowania pojazdem.

Odnotowany wydatek energetyczny kierowcy samochodu ciężarowego w czasie zmiany roboczej sklasyfikowano jako lekki, dlatego czynności związane z minimalizacją wydatku energetycznego nie powinny stanowić frontu prac ergonomicznych, natomiast istotne są zagrożenia związane z obciążeniem psychicznym kierowcy i zagrożenia monotonią.

Odnotowano, że czas pracy kierowcy wpływa na relacje między wydatkiem energetycznym określanym na podstawie liczby uderzeń serca a wydatkiem energetycznym określanym na podstawie wentylacji płuc, tj. pod koniec zmiany roboczej danej jednostce skurczów serca odpowiada większa objętość wydychanego powietrza, co wyraźnie wskazuje na zmęczenie kierowcy, który do realizacji tej samej czynności zużywa więcej tlenu.

BIBLIOGRAFIA

1. Brożyna Ewa. Czynniki ludzkie a bezpieczeństwo w ruchu drogowym. „Autobusy” 2017, nr 7–8, s. 49-52.
2. Kowal E., Rybakowski M., Dudarski G. Subiektywna ocena ergonomizacji stanowiska pracy kierowcy zawodowego. CIOP 2013., nr 5, s. 15-18.
3. Wagrowska – Koski E., Pawlaczyk – Łuszczynska M. Drgania mechaniczne. Wskazówki do rozpoznawania i zapobiegania chorobom wywołanym przez wibracje ogólne. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2000.
4. Juliszewski T., Kielbasa P. Urządzenia sygnalizacyjne ciągników i maszyn rolniczych. PWRiL, Poznań 2010. ISBN 978-83-09-99034-5.
5. Juliszewski T., Kielbasa P.. Ergonomiczne aspekty obsługi komputerów pokładowych wybranych ciągników rolniczych. Czynniki ludzkie a bezpieczeństwo i higiena pracy w rolnictwie. Instytut Medycyny Wsi. Lublin 2012, ISBN 978-83-7090-129-5, s. 35-45.
6. Grandjean E. Physiologische Arbeitsgestaltung. Ott Verlag Thun, 1987.
7. Kielbasa P., Juliszewski T., Cieślowski B., Bąba K. Ergonomiczna ocena geometrii stanowiska pracy wybranych ciągników rolniczych. Czasopismo Logistyka 2015, nr 4, s. 4016-4032. ISSN 1231-5478.
8. Strelau J. Temperament a stres: Temperament jako czynnik modyfikujący stresory, stan i skutki stresu oraz radzenie sobie ze stresem. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego. Katowice 2000, s. 88-132.
9. Kielbasa P., Juliszewski T., Kądzioła D. Wpływ rodzaju czynności umysłowej związanej z pracą informatyka na zmęczenie psychiczne i stopień obciążenia fizjologicznego pracą. Technika Transportu Szynowego. 2015, nr 12, s. 772-778.
10. Juliszewski T., Kielbasa P. Ergonomiczne aspekty obsługi komputerów pokładowych wybranych ciągników rolniczych. Czynniki ludzkie a bezpieczeństwo i higiena pracy w rolnictwie. Instytut Medycyny Wsi. Lublin. 2012.
11. Kielbasa P., Budyn P., Klamka K., Kadłuczka F., Nalepa K.. Ergonomiczna ocena geometrii stanowiska pracy. Inżynieria Rolnicza 2007, nr 2(90) s. 93-100.
12. Paweł Kielbasa, Tadeusz Juliszewski, Justyna Pawłowicz, Tomasz Drózd, Mirosław Zagórda, Stanisław Sęk. Ergonomiczna analiza wybranych stanowisk pracy kierowców samochodów ciężarowych. Autobusy – eksploatacja i testy. 2016 nr 12, s. 1030-1037.

13. Buchberger J. Die Beurteilung von Arbeitsbeanspruchungen aufgrund der kontinuierlich registrierten Herzschlagfrequenz. Arbeitsärztlicher Dienst des BIGA, Arbeitsmedizinische Informationen. Bern 1984, nr.12.
14. Koradecka D. Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. CIOP, Warszawa 1997, T.1 i T. 2.

The assessment of energy expenditure of professional drivers for chosen means of road transport

The scope of work will include the timing of driver's working time (two persons) during the typical working week. Physical load will be determined based on the amount of heart contractions and its interpretation using the WRT index and on the basis of the oxygen consumption determined by lung ventilation. Polar's computer apparatus and software will be used as well as the EC-4 microprocessor energy meter. The comparative analysis will allow to distinguish between the type of activity and the degree of physical strain. In addition, the research should provide an answer to the extent to which physical fatigue affects performance in the case of selected transport tasks. The final result should be a process optimization, where the objective function will be to minimize energy expenditure while maintaining the required work efficiency.

Autorzy:

dr hab. inż. **Paweł Kielbasa** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, pawel.kielbasa@urk.edu.pl

prof. dr hab. inż. **Tadeusz Juliszewski** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych,

dr inż. **Mirosław Zagórda** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych,

dr inż. **Karolina Trzyniec** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych,

inż. **Patrycja Tlałka** – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych,

JEL: L92 DOI: 10.24136/atest.2018.050

Data zgłoszenia: 2018.05.21 Data akceptacji: 2018.06.15