

Piotr KOZŁOWSKI¹
Andrzej ROGOWSKI²

IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW KSZTAŁTUJĄCYCH OBCIĄŻENIE OBSŁUGI KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW STERUJĄCYCH RUCHEM METRA W WARSZAWIE³

Celem pracy była ocena poziomu obciążenia stanowisk operatorskich systemu zdalnego sterowania ruchem pojazdów metra, wyrażona ilością wykonanych czynności roboczych w dobowym cyklu pracy stanowiska. Bezpośrednie badania w miejscu pracy personelu sterowania ruchem pozwoliły na identyfikację określonych rodzajów i sekwencji czynności łącznie z czasem ich trwania (fotografia dnia pracy), wykonywanych przez dwuosobową obsadę stanowiska. Przeprowadzona analiza pozwoliła skonstruować tabelę (kalendarz zdarzeń), w której upływającemu czasowi przyporządkowano pojawienie się czynności roboczej. Poszczególnym składnikom procesu pracy przypisano następnie wartość strumienia informacji wyrażonego w bitach na sekundę. Tak przeprowadzona analiza pozwoliła określić, że praca operatorów systemu zdalnego sterowania jest specyficzna, gdyż łączy w sobie procesy odbioru, przetwarzania informacji oraz na ich podstawie inicjowaniu odpowiednich działań, operowania urządzeniami technicznymi, a także dużego udziału elementów pracy biurowej. Obciążenie kształtowane przez te czynniki dla stanowiska dyspozytora ruchu było duże apomocnika średnie. Zaproponowano również kilka usprawnień w zakresie organizacji pracy obu stanowisk, pozwalających ograniczyć poziom przeciążenia wykonywaną pracą.

IDENTIFICATION OF FACTORS WHICH INFLUENCE THE LOAD CAUSED BY OPERATING COMPUTER SYSTEMS RESPONSIBLE FOR TRAFFIC CONTROL IN THE WARSAW METRO

The purpose of this paper was to appraise the level of workload at operating posts in the traffic remote control system of tube, expressed in the amount of performed occupational activities in 24h working cycle at post. A study conducted directly in a working place of traffic control personnel let to identify definite types and sequences of activities along with the time of their duration (snapshot of working activities taken throughout a day) performed by two person team at post. Carried out analysis allowed of constructing a table (calendar of events) in which elapsed time was assigned to an emerging working activity. Subsequently, a value of data stream, expressed in bit/s, as well as overall load of dispatcher and his helper, were ascribed to each element of working process. Some improvements were

¹Metro Warszawskie Sp. z o.o., Warszawa ul. Wilczy Dół 5, Phone: + 48 606255944; E-mail:metropiter@o2.pl

²Technical University of Radom, Faculty of Transport and Electrical Engineering, POLAND; Radom 26-600; Malczewskiego 29. Phone: + 48 48-361-77-30, Fax: + 48 48-361-77-23; E-mail: a.rogowski@pr.radom.pl

³ Artykuł powstał na podstawie pracy inżynierskiej *Komputerowe wspomaganie publicznego transportu miejskiego* napisanej przez P. Kozłowskiego pod kierunkiem dr inż. A. Rogowskiego.

proposed in the field of work organization at both posts enabling reduction of workload.

1. WSTĘP

Charakterystyczną cechą współczesnego społeczeństwa jest zapotrzebowanie na szybkie i punktualne usługi transportowe. Odpowiedzią na tego typu oczekiwania jest wprowadzenie komputerowych systemów sterujących ruchem, informatycznych systemów łączności, zintegrowanych baz danych dostarczających bieżących informacji o potrzebach transportowych oraz aktualnej sytuacji ruchowej. Taka infrastruktura wspomaganych komputerowo zintegrowanych systemów inteligentnego nadzoru i sterowania systemami transportowymi, daje obecnie największe możliwości uzyskania dużych efektów przy stosunkowo niskich nakładach. Te przyczyny oraz wiele innych czynników, jak postęp techniczny, czy też fundusze unijne powodują upowszechnienie tej formy sterowania ruchem kolejowym czy też zarządzania pojazdami komunikacji miejskiej.

Zwykle obszar objęty sterowaniem, bądź nadzorem jest znaczny i charakteryzuje się dużą intensywnością przewozów. Przykładem spełniającym wymienione kryteria w ruchu tramwajowym na terenie Warszawy jest System Nadzoru Ruchu Tramwajowego (SNRT 2000), który został zaprojektowany dla zapewnienia łączności fonicznej i transmisji danych, oraz dostarczenia informacji umożliwiającej nadzór nad ruchem taboru, liczącego w godzinach szczytów przewozowych około 440 sztuk pojazdów. Również w metrze warszawskim funkcjonuje system zdalnego sterowania ruchem (ZSiKD), którego obsługa pozwala na kierowanie i zarządzanie ruchem 32 składów na 23 kilometrowej dwutorowej linii z jednego Centrum Dyspozytorskiego. Podobnie realizowane są zadania sterowania urządzeniami zabezpieczenia ruchu kolejowego w sieci PKP, gdzie z jednej nastawni prowadzi się ruch pociągów na trasie, która przed modernizacją obsługiwana była przez kilka posterunków nastawczych. Wieloprocessorowe systemy kierowania ruchem (WSKR) funkcjonują w obszarze zdalnego sterowania na stacji Warszawa Błonie, czy też na linii Reda-Hel.

Poza istotnymi aspektami technicznymi i technologicznymi zdalnego sterowania pewnymi obszarami infrastruktury transportowej równie ważna jest kwestia ergonomii nowo tworzonych stanowisk operatorskich. Element ten z powodu gwałtownego rozwój zjawiska i określonych potrzeb pilnej modernizacji obszarów miejskich, czy też części linii kolejowych jest mniej lub bardziej świadomie pomijany. Jednak wyposażenie stanowisk sterowania ruchem w nowe narzędzia pracy wymaga tego, aby sprawdzić jak one oddziałują na obsługujących je operatorów. Jakie jest obciążenie obsługi systemu, generowane potokiem napływających informacji, której źródłem jest system oraz inne elementy środowiska pracy.

Poszukiwania odpowiedzi na przedstawione problemy ergonomii nowo tworzonych stanowisk zdalnego sterowania ruchem, stały się powodem podjęcia próby charakterystyki tych zjawisk poprzez obserwację pracy z określeniem rodzajów i sekwencji czynności, łącznie z czasem ich trwania oraz analizy dokumentów regulujących procesy technologiczne przewozów. Dane badawcze zebrano w Centralnej Dyspozytorni na stanowisku dyspozytora ruchu i pomocnika dyspozytora ruchu w Warszawskim metrze.

2. OCENA SPOSOBU ORGANIZACJI PRACY KOMPUTEROWO WSPOMAGANEGO STANOWISKA STEROWANIA RUCHEM

2.1. Systemy i urządzenia obsługiwane przez operatorów

System Zdalnego Sterowania i Kontroli Dyspozytorskiej na linii metra w Warszawie oddano do eksploatacji w roku 1995. Zadaniem urządzeń była obsługa ruchu pojazdów metra na odcinku linii z Kabat do Politechniki. Specyfika tego środka transportu publicznego był bezpośrednim powodem odmiennej od stosowanej w sieci PKP konfiguracji stanowiska operatora systemu sterowania ruchem. Bowiem połączono pracę wykonywaną przez dyżurnego ruchu z funkcją administratora infrastruktury transportowej. Ze względu na odpowiedzialność i wagę nadrzędności nad całością procesu przewozów pasażerskich stanowisko posiada dwuosobową obsadę. Dyspozytorowi przypisano w regulaminie technicznym odpowiedzialność za podejmowane decyzje i wydawane polecenia, a pomocnikowi wyznaczono funkcje uzupełniającą oraz wspomagającą działania pierwszego stanowiska [2, s. 6].

Dyspozytor, jak i siedzący obok niego pomocnik, korzystają z tych samych urządzeń komputerowych, mają w równym stopniu dostęp do informacji wchodzących do systemu oraz mogą wydawać te same polecenia sterujące. Realizację wyznaczonych zadań przewozowych i funkcji administratora infrastruktury transportowej umożliwia obsługa różnego typu systemów oraz urządzeń umiejscowionych na stanowiskach roboczych. Również poza czynnościami typowo manualnymi istotny jest element współpracy z innymi służbami i stanowiskami dyspozytorskimi (energetyczny, techniczny, dyżurny automatyk) umieszczonymi w tej samej sali operacyjnej. Osoby pełniące wymienione funkcje robocze podlegają dyspozytorowi ruchu w kwestii zachowania bezpieczeństwa i ciągłości ruchu pasażerskiego. Istotnym elementem pracy operatorów systemu zdalnego sterowania jest odpowiedzialność za dopuszczenie do pracy i wyznaczenie zadań przewozowych dla obsad taborowych danej zmiany. Jako jednostka zarządzająca infrastrukturą odpowiada za pracę poszczególnych stacji metra. W wszystkie wymienione składniki procesu pracy w sposób zasadniczy odróżniają to miejsce pracy od podobnych rozwiązań obszarowego sterowania ruchem PKP.

Podstawowym narzędziem sterującym ruchem jest elektroniczny pulpit nastawczy WT EPN, w którym znalazła się tablica graficzna „digitizer” z rysunkiem układu torowego oraz pól operacyjnych. Za pośrednictwem odpowiedniego wskaźnika myszy celując w wybrane miejsca pulpitu, wydawane są polecenia nastawcze do urządzeń sterujących w przekaźnikowniach poszczególnych stacji, które w klasycznej sytuacji wydaje dyżurny ruchu danego okręgu nastawczego [4, s. 2].

Po modernizacji systemu sterującego w 2007 roku udostępniona została również funkcja wprowadzania poleceń nastawczych za pomocą klasycznej myszki, poprzez rozwinięcie podręcznego menu wybranej stacji. I tak dla rozkazów bezadresowych dotyczących nastawiania przebiegów należy wskazać początek i koniec przebiegu, poprzez kliknięcie lewym przyciskiem myszy przy wskazaniu myszy ustawionym na początkowym semaforze danego przebiegu. Przy wprowadzaniu poleceń z adresem należy wskazać myszką okręg nastawczy i kliknąć prawym jej przyciskiem. Obok wybranego adresu pojawi się menu, z którego należy wybrać rozkaz [4, s. 15].

W czasie prowadzonych obserwacji stwierdzono, że obsługa posługuje się wyłącznie drugim sposobem wprowadzania poleceń nastawczych i taki był brany pod uwagę w dalszej pracy badawczej.

Centrum Dyspozytorskie to dwa identycznie wyposażone stanowiska operatorskie, których trzon stanowią dwie niezależnie działające centralne jednostki sterowania ruchem. Uszkodzenie na jednym stanowisku nie ma wpływu na poprawność działania systemu umieszczonego obok i odwrotnie. Gdyby jednak wystąpił całkowity brak możliwości prowadzenia ruchu w sposób zdalny, istnieje możliwość przejścia na sterowanie lokalne w poszczególnych okręgach nastawczych.

Źródłem informacji o stanie sytuacji ruchowej są monitory zobrazowania ruchu pełniące funkcję tablicy synoptycznej. Na pierwszym planie widoczny jest układ torów z rozjazdami, zajętości zwrotnicowych i torowych odcinków izolowanych, utwierdzone drogi przebiegu oraz stan sygnalizatorów na stacjach i szlaku itp. Przejazd poszczególnych jednostek taborowych odwzorowano w postaci przemieszczającej się dynamicznie zajętości dwóch odcinków izolowanych z przypisanym powyżej numerem obiegu. Powyżej wyświetlane są statusy opóźnienia lub wcześniejszego odjazdu, czy też przedłużonego postoju na stacji obserwowanej jednostki taborowej. Dodatkowym elementem graficznym oznaczono wskazania o załączeniu funkcji automatycznego przejazdu przez stacje pośrednie oraz automatycznego zawracania pociągów na końcu linii. Poza wymienionymi podstawowymi funkcjami początkowo utworzonego obszaru sterowania, w czasie kolejnych modernizacji, wprowadzono dodatkowe aplikacje umożliwiające ingerencję w system informacji pasażerskiej (SIP) oraz udostępniono obsłudze możliwość korzystania ze statystyk ruchowych, które są dostępne po rozwinięciu z tła zobrazowania linii podręcznego menu.

Ważną cechą systemu jest automatyzacja procesu zawracania pociągów na stacjach końcowych, cała praca manewrowa, czyli przygotowanie drogi przebiegu, wyświetlenie sygnału zezwalającego na wjazd lub wyjazd jest wykonywana przez system operacyjny. Zwolnienie ostatniego utwierdzonego odcinka torowego przez przejeżdżający skład powoduje rozwiązanie drogi przebiegu i uruchomienie samoczynnego sekwencyjnego nastawienia kolejnego przebiegu pozwalającego na następny wjazd pociągu w peron pasażerski, czy też tory odstawcze danej stacji końcowej.

Zasadniczą czynnością sterującą, którą wykonuje operator, jest przygotowanie przebiegów dla składów, które wjeżdżają lub wyjeżdżają na linię, czy też kończą bieg na stacjach pośrednich. Jak wykazały prowadzone obserwacje, uwaga obsługi skupiona jest głównie na permanentnej obserwacji i ocenie poprawności działania poszczególnych urządzeń torowych sterujących ruchem oraz na regulacji płynności ruchu jednostek taborowych, wprowadzając korekty do obowiązującego czasu następstwa odjazdu lub poprzez bezpośrednie wydawanie drogą radiową poleceń poszczególnym maszynistom. Wprowadzanie do systemu indywidualnych poleceń nastawczych ma zwykle miejsce gdy, pojawiają się sytuacje nietypowe lub gdy urządzenia nie działają automatycznie – jak awaria taboru czy uszkodzenia urządzeń torowych, które z kolei są powodem innej organizacji ruchu, np. ruch wahadłowy, jazda na przebiegi niezorganizowane itp.

Urządzenia ZSiKD umożliwiają zdalne sterowanie urządzeniami zabezpieczenia ruchu w dziewięciu okręgach nastawczych wchodzących w skład linii metra. Oznacza to, że operatorzy podejmują decyzje na podstawie sytuacji ruchowej w całym obszarze sterowania jednocześnie prowadząc tam ruch. Jest to zasadnicza różnica w odniesieniu do obszaru, gdzie ruch prowadzony w sposób tradycyjny, gdzie polecenia wydaje w razie

potrzeby dyspozytor odcinkowy, który jako jedyny ma obraz sytuacji ruchowej na całej trasie. Informacje te przekazywane są zwykle z pewnym opóźnieniem, często także z pewną niedokładnością oraz nakładającymi się zakłóceniami powstałymi w procesie komunikacji z pozostałymi posterunkami nastawczymi.

Przeprowadzona analiza dowodzi, iż obsługa systemu sterowania podzielona jest na dwie części. Pierwszą dominującą czynnością pod względem częstości występowania jest kwestia nadzoru poprawności działania poszczególnych funkcji sterujących systemem oraz ruchu pod względem punktualności przejazdu poszczególnych jednostek taborowych. Natomiast samo sterowanie ruchem polegające na wprowadzaniu do systemu odpowiednich poleceń nastawczych ma mniejszy udział w obsłudze urządzeń ZSiKD. Jedynymi okresami nasilenia występowania tych czynności są cykle napełnienia taboru linii, jak i wyłączenia z ruchu pociągów ze szczytów przewozowych oraz pod koniec dnia, gdy następuje techniczna przerwa w ruchu pasażerskim.

Uzupełnienie systemu sterującego ruchem stanowi łączność telefoniczna i radio-telefoniczna. Komunikacja za pomocą łączności przewodowej oparta jest na niezależnych liniach telefonicznych, obsługujących poszczególne części infrastruktury metra. Ważne telefony mają swe bezpośrednie połączenie ze stanowiskiem dyspozytora (tzw. łączność dyspozytorska), realizowana przez wciśnięcie jednego przycisku bez potrzeby wybierania numerycznego. Podobnie działają ogólnie dostępne telefony alarmowe na peronach, gdzie wybranie odpowiedniej litery, np. „B”, powoduje połączenie ze stanowiskiem operatorów systemu. Łączność rozmieszczona w tunelach pomiędzy stacjami stanowi również oddzielną linię (tzw. łączność alarmowa), w której podniesienie słuchawki powoduje automatyczne połączenie ze stanowiskiem w centrum sterowania. Dodatkowo dla zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa umieszczono bezpośrednie połączenie ze służbami ratownictwa na terenie miasta jak: pogotowie, policja, straż pożarna oraz Służbą Dyżurną Miasta i Dyżurnym Zarządem Transportu Miejskiego. Wszystkie przychodzące i wychodzące rozmowy są rejestrowane oraz archiwizowane.

Taka koncentracja linii o priorytecie oferowania rozmowy jest typowa dla stanowisk ratownictwa medycznego, straży pożarnej lub innych służb miejskich. W całej sieci PKP nie odnotowano podobnej organizacji stanowisk sterowania ruchem, gdzie operatorowi poza obsługą systemu powierza się również funkcję odpowiedzialności za wszelkie zdarzenia powstałe w procesie technologicznym przewozów pasażerskich, jak i te generowane funkcjonowaniem infrastruktury technicznej całego przedsiębiorstwa transportowego. Uzasadnieniem przyjęcia takiej organizacji pracy stała się kwestia maksymalizacji bezpieczeństwa pasażerów, szczególnie istotna po serii zamachów terrorystycznych w środkach komunikacji zbiorowej na świecie.

Prowadzone obserwacje wykazały, że realizacja połączeń odbywa się z większą częstością niż obsługa systemu sterowania ruchem. Intensywność występowania nasila się głównie w czasie poprzedzającym szczyty przewozowe. Jednak większość połączeń to głównie przydziały taborowe dla maszynistów, jak też udzielanie odpowiedzi na różnego typu pytania stawiane przez pasażerów. Rozmowy o podwyższonym priorytecie istotności dla bezpieczeństwa ruchu występują sporadycznie. Istotą problemu stanowi jednak udział tych czynności w dobowym cyklu pracy, oraz zjawisko jednoczesnego prowadzenia rozmowy i wprowadzania poleceń do systemu sterowania ruchem. W klasycznych rozwiązaniach obsługa pulpitu nastawczego wymusza zmianę pozycji z jednoczesnym wykonaniem czynności manualnych, które powodują przerwanie lub zawieszenie

wykonywanych wcześniej zadań na okres potrzebny do obsługi urządzeń sterowania ruchem. Wykluczając tym samym nakładanie się powstałych obciążeń i skupieniu uwagi na jednej czynności roboczej.

Innym istotnym elementem obsługiwanym przez obsadę stanowiska jest system łączności bezprzewodowej realizowany jako dwie części, do których przypisano różne grupy abonentów. Pierwsza obsługiwana przez kanał ruchowy obejmuje maszynistów. Natomiast pozostałych użytkowników takich jak: obsady poszczególnych stacji, służby techniczne, obsługuje kanał utrzymania. Podobnie jak w łączności przewodowej rozmowy są rejestrowane i archiwizowane. Istnieje możliwość identyfikacji rozmówcy oraz alarmowego wywołania określonego abonenta systemu. Również wprowadzono możliwość doraźnego odtworzenia (maksymalnie jedno minutowego) fragmentu przychodzącego wywołania. Dodatkową funkcją systemu jest możliwość retransmisji sygnału poza obręb tunelu, co daje możliwość prowadzenia rozmów ze służbami ratownictwa na terenie miasta. Ma to szczególne znaczenie w sytuacjach kryzysowych, gdy wczesna dokładna informacja pozwala precyzyjnie określić rodzaj i rozmiar zaistniałego zdarzenia oraz skierować tam odpowiednie środki techniczne.

Udział dialogów radiowych w dobowym cyklu pracy jest około połowę mniejszy w odniesieniu do prowadzonych rozmów telefonicznych, większość informacji przekazywanych tym środkiem komunikacji ma charakter rutynowy. Sporadycznie pojawiają się wywołania powiadamiające o zdarzeniach wymagających natychmiastowego działania obsługi. Również przekazywanie poleceń o dużej skali istotności jak np. rozkazów szczególnych obsłudze taboru, występuje zwykle w trakcie uszkodzeń urządzeń zabezpieczenia ruchu. Istotnym elementem tych czynności jest możliwość powtórzenia przychodzących i wysyłanych komunikatów, gdy ich treść nie jest zrozumiała lub uległa zniekształceniu.

Następnym elementem wyposażenia stanowiska i jednocześnie narzędziem pracy jest system telewizji przemysłowej (CCTV), stanowiący pewnego rodzaju innowację w tworzeniu stanowisk kierowania ruchem. W sieci PKP stosuje się tego rodzaju elementy do obserwacji określonej części infrastruktury, jakim są np. niestrzeżone przejazdy kolejowe, perony pasażerskie itp. System CCTV w Centralnej Dyspozytorni udostępnia operatorowi obrazy ze wszystkich kamer umieszczonych na stacjach i pozwala na dowolne zestawienie przekazywanych sygnałów zgodnie z potrzebami obsługi.

W czasie prowadzonych badań stwierdzono, że obsługa zwraca głównie uwagę na obrazy z kamer obejmujących swym zasięgiem obszar torów odstawczych na stacjach końcowych linii. Przyczyną takiego wybiórczego traktowania zobrazowania jest kontrola obrotu taboru, bowiem na podstawie pozyskanych informacji wprowadzane są korekty do systemu sterowania ruchem. Ponieważ obroty można prowadzić po dwóch torach odstawczych, a opóźnienie w czasie zmiany kierunku jazdy skutkuje brakiem możliwości wjazdu lub wyjazdu kolejnego składu, co generuje opóźnienia odjazdów. Również szczególna uwaga obsługi koncentruje się na przekazywanym obrazie w trakcie wystąpienia sytuacji awaryjnej, gdy obserwacja określonego obszaru pozwala ocenić rozmiar problemu i dostosować odpowiedni zakres działań.

Przeprowadzone obserwacje pozwalają stwierdzić, że system CCTV pełni rolę pomocniczą w całym cyklu przewozów pasażerskich, uzupełniając działanie innych urządzeń na stanowisku. Stanowi tak zwane okno na świat, przez które w razie potrzeby można wyjrzieć na zewnątrz.

Oprócz urządzeń wielokrotnie obsługiwanych w czasie trwania jednego cyklu przewozowego, w tle funkcjonują systemy, których działanie jest wynikiem pojawienia się określonej sytuacji ruchowej, czy też są skutkiem nieprawidłowego działania jakiejś części infrastruktury transportowej. Takim właśnie elementem wyposażenia stanowiska jest konsola nagłośnienia, której obsługa pozwalająca na podawanie informacji dla pasażerów w zakresie całej linii lub jej dowolnie wybranej części. Zapowiedzi są prowadzone zwykle, gdy pojawiają się zakłócenia w organizacji przewozów pasażerskich lub powstają znaczne opóźnienia. Również system pożarowy poprzez rozmieszczenie czujek na wszystkich stacjach obejmuje swym zasięgiem całość linii metra, a jest obsługiwany tylko wtedy, gdy nastąpi emisja sygnału alarmu lub transmisja informacji o uszkodzeniu jakiejś części urządzeń zabezpieczenia pożarowego. Aktywność pojedynczego elementu (czujki) powoduje pojawienie się alarmu na panelu ściennym umieszczonym przy stanowisku pomocnika dyspozytora. Obsługa polega na weryfikacji przyczyny emisji sygnału poprzez sprawdzenie określonej adresem alarmu części obiektu przez służby techniczne i dopiero, gdy zagrożenie jest realne powiadamiane zostają zakładowe i miejskie służby ratownicze. Aktywność systemu wymusza na obsłudze potrzebę natychmiastowego działania oraz przerwania innych wykonywanych czynności, jednak udział tego składnika procesu pracy jest znikomy, gdyż większość emitowanych sygnałów jest wynikiem prac konserwacyjnych lub wynika z nieświadomego użycia urządzeń, których działanie wzbudza działanie systemu. Centralki pożarowe obsługuje zwykle pomocnik i jeśli istnieje potrzeba powiadamia dyspozytora o przyczynie wzbudzenia alarmu, co nie generuje niepotrzebnych obciążeń dla drugiego stanowiska operatorskiego [1, s. 38].

Większość urządzeń i systemów przedstawionych powyżej, swym działaniem jest wprzęgnięta w proces technologiczny określany rozkładem jazdy. Pozostała część pracuje poza określonymi cyklami przewozowymi wspomagając czynności dyspozytora lub czuwa nad bezpieczeństwem pasażerów i infrastruktury technicznej. Wyniki prowadzonych obserwacji pozwoliły określić częstość obsługi poszczególnych urządzeń i systemów stanowiących wyposażenie stanowisk oraz ich udział w dobowym cyklu pracy.

2.2. Identyfikacja czynności roboczych stanowiska sterowania ruchem

Wstępna ocena cyklu pracy pozwoliła na identyfikację określonych rodzajów i sekwencji czynności łącznie z czasem ich trwania (fotografia dnia pracy) wykonywanych przez dyspozytora i pomocnika. Przeprowadzona analiza pozwoliła skonstruować tabelę (kalendarz zdarzeń), w której upływającemu czasowi przyporządkowano pojawiające się czynności. Tymi powtarzającymi się systematycznie zdarzeniami było:

- sterowanie ruchem pojazdów metra polegające na układaniu drogi przebiegu dla wjazdu lub wyjazdu pociągów na linię, sterowanie dowolnie wybranym elementem jakim jest rozjazd czy semafor, przełączanie funkcji zdalnego zawracania z fazy obrotu po jednym torze na dwa tory i odwrotnie,
- obserwacja sytuacji ruchowej na monitorach zobrazowania linii pozwalająca wychwycić powstałe zakłócenia płynności przejazdu poszczególnych składów oraz ocenić poprawność działania urządzeń sterujących,
- rozmowy prowadzone przez radiotelefon zarówno na kanale ruchowy obsługującym maszynistów, jak i w paśmie (utrzymania) przeznaczonym dla obsady stacji i służb technicznych,

- wykonywanie i odbieranie połączeń telefonicznych z różnego typu abonentami,
- dozоровanie ruchu pasażerskiego na monitorach CCTV oraz obserwowanie płynności obrotu taboru na stacjach końcowych,
- prowadzenie dokumentacji technicznej w postaci raportu zmianowego, dziennika ruchu, dziennika poleceń i wykresu ruchu pociągów,
- wymiana werbalna informacji pomiędzy dyspozytorem, a pomocnikiem lub innymi osobami, które w danym okresie przebywały na stanowisku,
- przerwy fizjologiczne charakteryzujące się czasowym wyłączeniem z cyklu pracy,
- inne czynności, które pojawiały się ze znikomą częstością, jak np. wydanie rozkazu szczególnego, analiza rozkładu jazdy, wysłanie i odbiór faksu, obsługa systemu informacji pasażerskiej (SIP), nagłośnienia itp.

Pomimo pewnej powtarzalności czynności występujących na analizowanych stanowiskach, nie stwierdzono zasadniczej niezmienności procesu pracy. Wykonywana praca, tak przez dyspozytora, jak i pomocnika, nie ma określonego i stałego rytmu, bowiem jest on ograniczony pojawiającymi się odchyleniami od rozkładu jazdy oraz okresowym występowaniem różnego typu awarii.

Warunki otoczenia są stosunkowo stabilne, jednakże nie można określić ich jako niezmiennych. Personel znajduje się przez większość czasu pracy na stanowisku roboczym lub w bezpośredniej odległości umożliwiającej reakcję na pojawiający się sygnał. Poiniczenie jest wyraźnie odizolowane od innych stanowisk centrum sterowania, a dostęp osób nieuprawnionych ograniczony. Istnieje jednak możliwość przemieszczenia po sali operacyjnej i utrzymywania ważnych kontaktów interpersonalnych z dyspozytorem energetycznym, technicznym czy dyżurnym automatykiem. Natomiast czynność ta nie zwalnia z konieczności ciągłego zachowania uwagi na pojawiające się sygnały.

W czasie prowadzonych badań nie odnotowano sytuacji, w której pozostawiono stanowisko (nawet na krótki okres) bez obsady - zawsze pracuje przynajmniej jedna osoba. Co sugeruje, że proces pracy wyklucza pojawienie się tzw. okien czasowych pozwalających na wykonanie innych czynności nie koniecznie związanych z obsługą stanowiska. Również wykonywana praca jest dość trudna, gdyż operacje nie stanowią jedynie mechanicznych reakcji. Wymagają analizy podjętych działań, przewidywania ich skutków, a także dobrej znajomości i przypominania szczegółowych, formalnych procedur postępowania oraz wyboru właściwej, nadającej się do zastosowania w określonej sytuacji. Dodatkowo odpowiedzialność za prawidłowe funkcjonowanie całej linii metra wymaga od obsługi dobrej znajomości sposobu ukształtowania infrastruktury technicznej oraz działania umieszczonych tam urządzeń i systemów.

Identyfikacja operacji i czynności roboczych wykonywanych przez stanowisko, pozwala stwierdzić, że praca służby sterowania ruchem pojazdów metra jest specyficzna, gdyż łączy w sobie procesy odbioru, przetwarzania informacji oraz na ich podstawie inicjowaniu odpowiednich działań, operowania urządzeniami technicznymi, a także elementów pracy biurowej.

3. SPOSÓB REALIZACJI BADAŃ

Istotnym problemem tego etapu pracy okazał się brak możliwości doboru odpowiedniej metody oceny obciążenia stanowiska, której zastosowanie dostarczyłoby odpowiedzi na przedstawione we wstępie zagadnienia z dziedziny ergonomii pracy

stanowisk obsługujących systemy zdalnego sterowania ruchem. Analiza zasobów Centralnego Instytutu Ochrony Pracy oraz Głównej Biblioteki Medycznej nie dostarczyły jednoznacznej odpowiedzi jak rozwiązać problem badawczy. Dlatego do zebrania i odpowiedniego pogrupowania uzyskanych danych opracowano pewnego rodzaju kalendarz zdarzeń, jaki tworzony jest w Systemach Masowej Obsługi (SMO). W którym odnotowano pojawienie się określonego rodzaju czynności roboczej oraz dokładny czas jej wystąpienia i trwania.

Uwzględniając możliwości pozyskania danych statystycznych – ograniczony czas dostępu do stanowiska sterowania niezakłócający toku pracy oraz maksymalnego zobiektywizowania wyników zdecydowano się na losowy wybór 15-20 minutowych odcinków, których „suma” pokrywa całą dobę dnia roboczego. Celowo pominięto okresy weekendu, ponieważ obowiązują wówczas zmniejszone obsady taborowe z 32 jednostek do 18 w sobotę i odpowiednio do 15 w niedzielę, co jest przyczyną zmniejszonej aktywności obsługi.

Dane zbierano najpierw na stanowisku dyspozytora, a później pomocnika. Powtórzono obserwacje w okresach gwałtownych przyrostów czynności roboczych, aby wykluczyć pojawienie się zakłócenia, które w normalnym trybie pracy nie występują. Dokonano pomiarów czasu trwania poszczególnych czynności roboczych tak, aby wyznaczyć średnie czasy ich trwania. Tak zebrane dane pozwoliły stworzyć zestawiony w tabeli programu Microsoft Excel kalendarz zdarzeń obejmujący 24 godzinny cykl pracy stanowisk operatorskich.

4. OCENA OBCIĄŻENIA STANOWISKA W CZASIE TRWANIA DOBOWEGO CYKLU PRACY

Przeprowadzone badania dostarczyły szeregu cennych danych, które zostały przedstawione w formie wykresów i tabel. Pierwszym omawianym na ich podstawie zagadnieniem jest ilości wykonywanych czynności roboczych przez dyspozytora i pomocnika w czasie trwania jednego cyklu dobowego, obejmującego dwie 12-godzinne zmiany robocze (wyk. 1, 2, tab. 1).

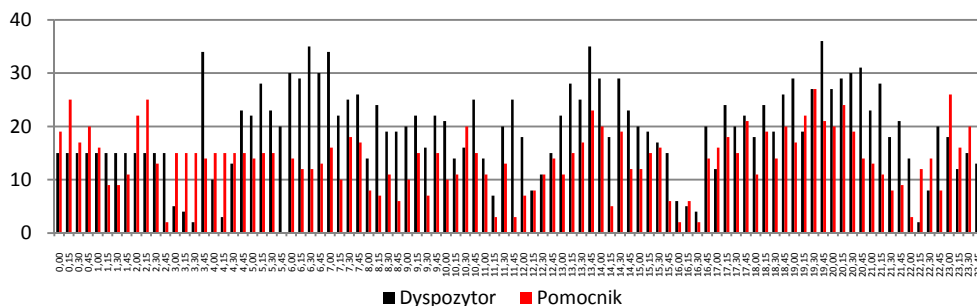
Wysokość słupków określa liczbę czynności wykonanych na danym stanowisku operatorskim. Największe obciążenie charakteryzuje dyspozytora ruchu, wykonuje on w szczytowych okresach około 130 czynności na godzinę, a wartości przypisane do stanowiska pomocnika osiągają rozmiar 90 zadań wykonanych na godzinę. Widoczne okresy szczytu porannego i popołudniowego oraz wyłączenie z ruchu taboru dodatkowego, powodują gwałtowny przyrost zadań wykonanych przez dyspozytora, jak też, w mniejszym stopniu, przez pomocnika. Jedynym czasookresem, kiedy liczba wykonywanych czynności jest większa na stanowisku pomocnika, to godziny późno nocne, gdy dyspozytor znajduje chwilę wytchnienia przed szczytem porannym.

W ciągu zmiany dziennej (7-19) dyspozytor wykonuje około 1110 czynności, a pomocnik 520, co daje ogólną sumę 1630 cykli roboczych. Natomiast na zmianie nocnej (19-7) dyspozytor wykonuje 649 czynności, a pomocnik 555, co stanowi wielkość 1200 odnotowanych cykli roboczych. Z tego porównania widać, że większy ciężar przypada na zmianę dzienną, a liczba wykonanych czynności przez dyspozytora jest dwukrotnie większa. Inaczej jest na zmianie nocnej, gdzie ma miejsce prawie równomierny podział obowiązków.

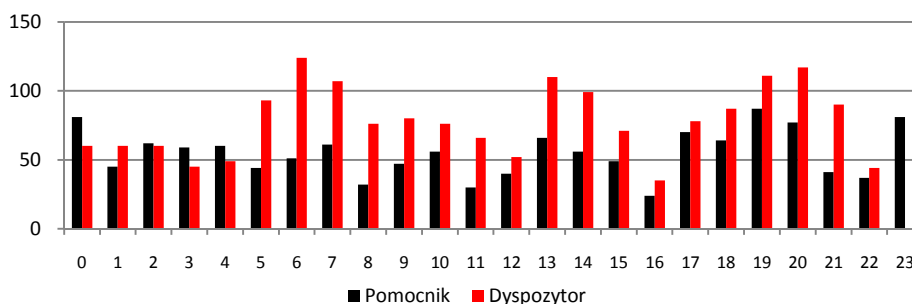
Ciekawym zjawiskiem jest rodzaj wykonywanych czynności i ich udział w dobowym cyklu pracy. Dyspozytor koncentruje się w głównej mierze na ciągłym permanentnym aktualizowaniu danych o poprawności przebiegu procesu przewozów pasażerskich. Podczas jednego dnia roboczego średnio 400 razy obserwuje on monitory zobrazowania ruchu i telewizji przemysłowej. Pomocnik tą czynność wykonuje zaledwie 230 razy. Pojedyncza kontrola sytuacji ruchowej składa się zwykle z około 5 sekundowej koncentracji uwagi na wybranym fragmencie zobrazowania linii. Odbiór musi być precyzyjny, gdyż decyduje o bezpieczeństwie pasażerów. Częstość jest duża, jednak uzyskane informacje rutynowe, stąd złożoność oraz zmienność tej czynności została oceniona jako średnia.

Innym uwidocznionym w przeprowadzonych badaniach zjawiskiem jest liczba odnotowanych operacji sterowania ruchem. Automatyzacja tego procesu przedstawiona w rozdziale 2.1. powoduje, że udział tego składnika zwykle stanowiącego główne źródło obciążenia dyżurnych ruchu, w procesie pracy dyspozytora i pomocnika jest stosunkowo mała, szczególnie gdy weźmiemy pod uwagę intensywność ruchu pasażerskiego. Również automatyczne tworzenie dziennika ruchu na każdej stacji zwalnia obsługę z prowadzenia dokumentacji technicznej opisującej przebieg prowadzenia ruchu. Jedynie wpisów do tradycyjnego dziennika ruchu dokonuje się w trakcie prowadzenia jazd na szlaku granicznym między linią a Stacją Techniczno-Postojową (STP).

a)



b)



Wyk. 1. Dobowe zestawienie wykonanych czynności roboczych przez dyspozytora ruchu i pomocnika;

- a) liczba operacji w okresach 15 min. (wartość średnia dla dyspozytora 19,25, dla pomocnika 13,75 odchylenie standardowe dla dyspozytora 7,94, pomocnika 5,78),
 b) liczba operacji w okresach 60 min. (wartość średnia dla dyspozytora 77, dla pomocnika 55 odchylenie standardowe dla dyspozytora 25,23, pomocnika 19,96).

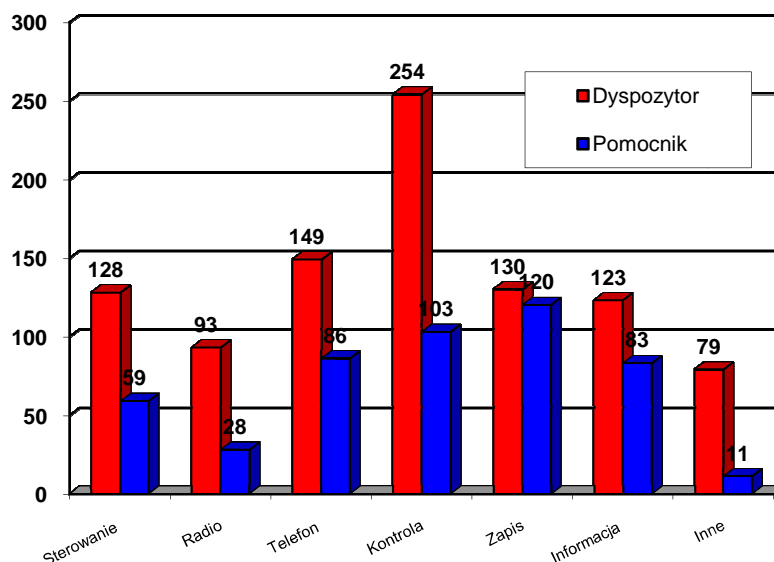
Źródło: opracowanie własne.

Można stwierdzić, że obsługa komputerowego systemu prowadzenia ruchu nie generuje nadmiernego obciążenia stanowiska, przeważają czynności i działania rutynowe, co do sposobu rozwiązania problemów związanych ze sterowaniem, a zmienność oraz częstotliwość wykonywanych operacji jest średnia. Jednakże podjęte decyzje wpływają na poprawność pracy całej linii, a w sytuacjach awarii urządzeń mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa ruchu pasażerskiego, więc ważność i dokładność wykonywanych czynności można ocenić jako bardzo dużą.

Tab. 1. Zestawienie ilości wykonanych czynności przez dyspozytora i pomocnika w czasie jednego dnia roboczego

Stanowisko	Sterowanie ruchem	Obsługa radiotelefonu	Rozmowy telefoniczne	Nadzór i kontrola ruchu	Prowadzenie dokumentacji	Verbalna wymiana informacji	Inne czynności
Dyspozytor ruchu	256	167	276	392	255	206	170
Pomocnik dyspozytora	162	87	154	235	231	178	52
Razem	418	254	430	627	486	384	222

Źródło: opracowanie własne.



Wyk. 2. Zestawienie porównawcze wykonywanych czynności na zmianie dziennej przez dyspozytora i pomocnika

Źródło: opracowanie własne.

Innymi zadaniami, których wykonywanie w mniejszym stopniu wpływa na poprawność procesu technologicznego stanowiska, są czynności związane z prowadzeniem dokumentacji technicznej. Jednak ich udział jest stosunkowo duży i równomiernie rozłożony na stanowiska, ale nie posiada klauzuli natychmiastowej wymagalności, gdyż może zostać wykonany z pewnym opóźnieniem. Jedynym ograniczeniem jest potrzeba oderwania na jakiś okres uwagi od innych składników procesu prowadzenia ruchu. Dziwi natomiast ilość czasu, jaką poświęca dyspozytor i pomocniki na czynności typowo biurowe. Bowiem na zmianie dziennej trwa to średnio razem 250 minut, z czego 130 minut przypada na dyspozytora i 120 minut na stanowisko pomocnika. Podobnie wygląda rozkład na zmianie nocnej, suma ogólna to 235 minut, z czego na dyspozytora przypada 125 minut pracy biurowej, a pomocnikowi czynności te zajmują 111 minut. W ciągu doby na oba stanowiska przypada 8 godzin pracy biurowej.

W czasie zmiany roboczej dyspozytor wykonuje około 440 krótkich rozmów telefonicznych i dialogów radiowych, dla zmiany dziennej stanowi to wartość 220 i odpowiednio na zmianie nocnej 210. Średnio obsługa jednego połączenia telefonicznego trwa od 30 do 40 sekund, a wykonanego drogą bezprzewodową wynosi odpowiednio 8-10 sekund. Dla stanowiska pomocnika wartości te wyniosły odpowiednio dla zmiany dziennej 90 i nocnej 160. Częstość tych czynności jest duża, jednak w większości informacja ma charakter rutynowy, czynnik natychmiastowej wymagalności działania średni dla rozmów prowadzonych przez linie ogólnie dostępne i duży dla połączeń z aparatów alarmowych. Częstość rozmów prowadzonych przez radiołączność jest o połowę mniejsza, dodatkowo

można powtórzyć w razie konieczności treść otrzymanego komunikatu i wydanego polecenia, co pozwala wykonywać ją z mniejszą dokładnością. Jednak waga otrzymanych tą drogą danych zwykle jest istotna szczególnie, gdy urządzenia sterowania ruchem nie działają prawidłowo (uszkodzona żarówka semafora, zajętość izolowanego odcinka torowego itp.), a ruchu pasażerski prowadzony jest na podstawie wydawanych drogą radiową rozkazów szczególnych.

Znaczący udział w procesie pracy stanowiska ma werbalna wymiana informacji pomiędzy dyspozytorem a pomocnikiem wynikająca z potrzeby bieżącego wzajemnego informowania się o podjętych działaniach, decyzjach lub pozyskanych informacjach. Liczba prowadzonych rozmów zależy w głównej mierze od wzajemnego zrozumienia. Zwykle to dyspozytor wydaje polecenia pomocnikowi, co do sposobu realizacji określonych zadań przewozowych, a pomocnik informuje przełożonego o pozyskanych informacjach, które mają wpływ na prawidłowość procesu przewozu pasażerów czy też poprawne funkcjonowania infrastruktury przedsiębiorstwa. Ale inną stroną takiej konstrukcji stanowiska jest to, że prowadzone rozmowy tylko w połowie odnoszą się do bieżących czynności związanych z wykonywaną pracą, pozostała część stanowią czynniki pozazawodowe.

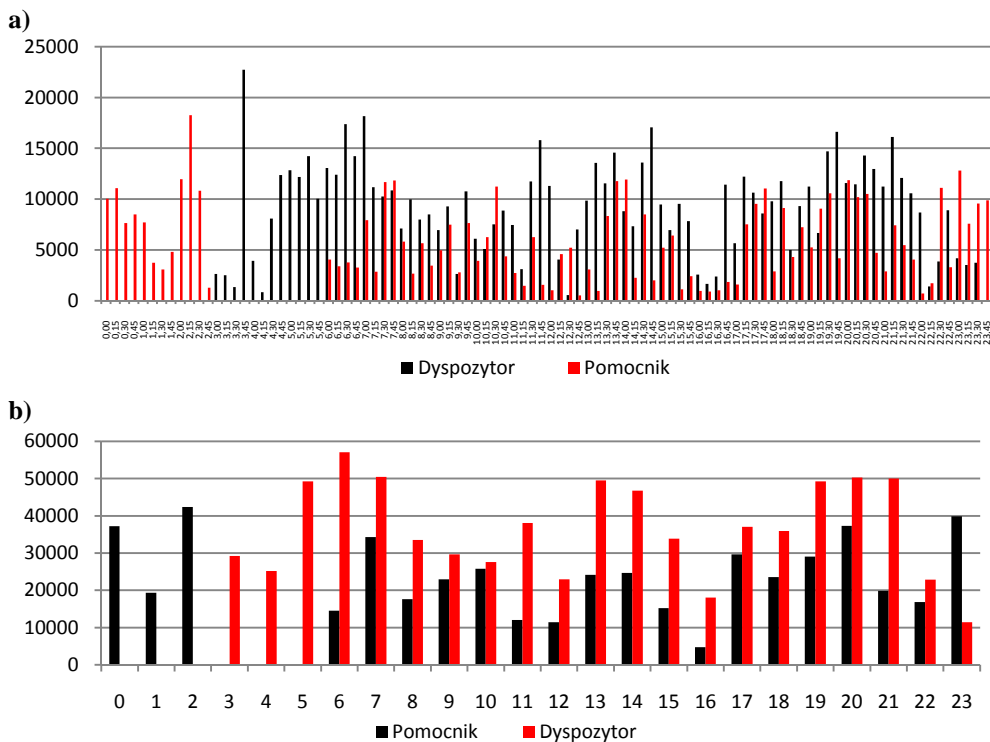
W tab. 2 przedstawiono średnie wartości strumienia informacji dla poszczególnych czynności wykonywanych przez stanowisko dyspozytora i pomocnika. Wartości obciążeń wyznaczono na podstawie analizy publikacji z dziedziny medycyny pracy i ergonomii, które przedstawiono w [3].

Korzystając z wartości umieszczonych w tabeli oraz uzyskanych danych w czasie przeprowadzonych badań możemy szczegółowo określić wielkość strumienia informacji w dowolnie wybranym okresie zmiany roboczej. Maksymalny odnotowany pomiar to 8 czynności wykonanych w ciągu minuty przez dwa stanowiska, średni to 4-5 czynności (wyk. 3).

Tab.2. Wartość strumienia informacji w rozbiciu na poszczególne czynności robocze

Rodzaj czynności	Wielkość wyrażona w bitach / sekundę
Sterowanie ruchem	45-55
Obsługa radiotelefonu	15-20
Rozmowy telefoniczne	10-15
Kontrola i nadzór ruchu	60-70
Prowadzenie dokumentacji technicznej	30
Werbalna wymiana informacji	10
Inne czynności (nadanie numeru poc., analiza rozkładu, wydawanie rozkazów szczególnych itp.)	10 - 15

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [3].



Wyk. 3. Średnie dobowe zestawienie obciążenia informacją dyspozytora ruchu i pomocnika:

- liczba bitów informacji w okresach 15 min. (wartość średnia dla dyspozytora 9255, dla pomocnika 5982 odchylenie standardowe dla dyspozytora 4571, pomocnika 3830),
- liczba bitów informacji w okresach 60 min. (wartość średnia dla dyspozytora 36578, dla pomocnika 29928 odchylenie standardowe dla dyspozytora 12757, pomocnika 10198).

W obliczeniach nie uwzględniano okresu odpoczynku i tzw. „innych czynności”.

Źródło: opracowanie własne.

Jak wykazała prowadzona obserwacja cyklu pracy centrum sterowania ruchem metra, różnice między stanowiskiem dyspozytora i pomocnika, w sensie wykonywania określonych czynności roboczych nie są znaczące, a ogólny sposób pracy jest podobny. Jednak to dyspozytor odpowiada z poprawny przebieg procesu przewozu i jednocześnie za funkcjonowanie określonych w przepisach wewnętrznych obszarów infrastruktury metra. Również wykonuje on znacznie więcej czynności roboczych niż pomocnik. Stąd jego obciążenie jest duże w fazie percepcji, jak i decyzji.

Zarówno w pierwszym okresie – pozyskiwanie informacji – jak i w ostatnim wykonawczym bardzo duże znaczenie ma komunikacja. Dotyczy to przekazywania wiadomości wewnątrz dyspozytorni, jak również do innych komórek organizacyjnych, za pomocą środków łączności. Z odbiorem komunikatów od innych uczestników procesu przewozów pasażerskich (obsady taborowe, dyżurni stacji, służby techniczne itp.) bardzo ściśle związane jest zachowanie stanu czuwania. Pracownicy stale oczekują na pojawienie

się komunikatu, np., który zaktualizuje wiedzę o bieżącej sytuacji na linii. Jest to związane z koniecznością selekcjonowania bodźców oraz wybiórczość uwagi.

Ważnym elementem w pracy służby ruchu są podejmowane decyzje, z które odpowiada dyspozytor, ponieważ koordynuje czynności pomocnika i innych podległych mu stanowisk dyspozytorskich (dyspozytor energetyczny, techniczny, dyżurny automatyk) w kwestii zachowania ciągłości ruchu i bezpieczeństwa przewożonych pasażerów. Dlatego obciążenie tej fazy jest średnie lub duże. Przeważają zwykle decyzje rutynowe, zalgorytmizowane, związane z odszukaniem właściwego wzorca w rozkładzie jazdy lub w obowiązujących procedurach prowadzenia ruchu oraz wybraniem przewidzianego toku postępowania, jeśli jest on możliwy w bieżącej sytuacji.

Podczas nierutynowych przedsięwzięć, jak prowadzenie ruchu w warunkach szczególnych, np. przerwy w łączności, wypadku z udziałem człowieka itp. wymagania odnoszące się do przetwarzania informacji znacznie wzrastają. Większość danych docierających do dyspozytora można pobrać bezpośrednio ze źródeł lub przy udziale innych pracowników. Jednakże mogą istnieć znaczne komplikacje w ich spójnym i logicznym formułowaniu, ze względu na wielość kombinacji. Przy większych zakłóceniach ruchu, z wieloma decyzjami niestandardowymi, często liczba elementów, jakie musi wziąć pod uwagę obsługa jest bardzo duża, co może powodować upraszczanie procesów decyzyjnych.

W ciągu jednej doby występuje kilka szczytów spiętrzenia pracy, co jest pochodną natężenia przewozów pasażerskich. Największe nasilenie zadań przypada na godziny 5-7, 9-10 oraz około 13-14 i 20-22. Pierwszy szczyt jest szczególnie istotny w kontekście fizjologii człowieka, gdyż częściowo zbiega się z największym spadkiem wydolności. Popołudniowy wzrost wykonanych czynności przypada również na okres obniżenia dobowej wydolności organizmu jednak nie tak znacznej jak porannej. W porze nocnej, od godziny 24 do 4 rano, obciążenie zadaniami jest dużo mniejsze. Ogólne obciążenie tej zmiany jest mniejsze, co jest pozytywne ze względu na zmniejszoną o ok. 20% wydolność organizmu w porze nocy. Personel dyspozytorski pełni służbę w ruchu ciągłym w systemie czterobrygadowym dwuzmianowym. Jedna zmiana robocza trwa 12 godzin. Tak długi dzień roboczy nie jest korzystny z punktu widzenia fizjologicznego, zwłaszcza przy znacznym obciążeniu mentalnym. Jednakże pracownicy nie wyrażają chęci pracy w innym niż dwunastogodzinny systemie, który, według ich subiektywnej, oceny pozwala dobrze zregenerować siły, bo po zmianie nocnej są dwa dni przerwy.

5. WNIOSKI

Podstawą funkcjonowania stanowiska kierowania ruchem pojazdów metra jest przekazywanie i wykorzystywanie otrzymanych z różnych źródeł informacji w czasie całego cyklu pracy, co ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa i sprawności przewozów pasażerskich. Obciążenie pracowników dyspozytorskich jest stosunkowo duże, głównie z powodu wysokich wymagań percepcyjno-decyzyjnych oraz spoczywającej na stanowisku dyspozytora ruchu odpowiedzialności za poprawność przebiegu procesu przewozów pasażerskich. Podejmowanie decyzji w ciągłym deficycie czasu, konieczność ciągłego zachowania gotowości do podjęcia działania, a także przestrzegania zawiłych procedur w trakcie wykonywania pracy może powodować narastanie zmęczenia. Występowanie wymienionych elementów środowiska pracy jest ściśle uzależnione od

intensywności ruchu pociągów na linii, który określa rozkład jazdy, wpływając na częstość i złożoność decyzji.

Redukcja obciążenia możliwa jest poprzez wprowadzenie rozwiązań techniczno-organizacyjnych polegających głównie na ograniczeniu czynności biurowych wynikających z prowadzenia dokumentacji techniczno-ruchowej, co przyniosłoby odciążenie od formalnych i rutynowych czynności, dając więcej czasu na pracę koncepcyjną. Pozytywne skutki przyniesie też wyraźny podział kompetencji, poprzez rozdzielenie czynności związanych ze sterowaniem i nadzorem ruchu od zadań związanych z zarządzaniem infrastrukturą i obsługą pasażerów. Również warto zastanowić się nad sposobem ograniczenia liczby przychodzących połączeń telefonicznych, których intensywność występowania nakłada się na początki szczytów przewozowych. Wydaje się zasadne utworzenie dodatkowego stanowiska, które odciąży proces prowadzenia ruchu od ww. czynności, jak np. jest to realizowane w sieci PKP przez dyspozytora liniowego.

Pozytywną cechą komputerowych systemów sterowania ruchem jest ograniczenie do minimum czynności nastawczych. Obsługa ZSiKD polega głównie na załączeniu lub przełączeniu odpowiednich funkcji sterujących, które automatycznie realizują przewidziane programem drogi przebiegu. Średni czas wprowadzenia indywidualnego polecenia nastawczego, np. polecenia ułożenia drogi przejazdu przez stację, trwa od 5 do 8 sekund. Dla poleceń złożonych, wieloelementowych, np. zwolnień specjalnych, wynosi on od 15 do 20 sekund. Dodatkowo pozwala na sterowanie dziewięcioma okręgami nastawczymi z jednego miejsca oraz nadzorowania ruchu na 23 kilometrowym szlaku dwutorowym, po którym poruszają się 32 składy w godzinach szczytów przewozowych.

Wprowadzenie do sterowania ruchem komputerowych systemów nastawczych powoduje zwiększenie wydajności systemu transportowego. Zmienia się rola operatorów takich systemów, których praca polega głównie na permanentnym obserwowaniu procesu przewozu i wprowadzaniu niezbędnych korekt, maleje znacznie udział czynności nastawczych. Obserwuje się jednak zwiększone obciążenie stanowiska potokiem napływającej i zwrotnej informacji oraz potrzeby tworzenia rozległej dokumentacji sprawozdawczej. Przy tworzeniu tego typu systemów, aby możliwe było korzystanie z jego zalet, należy te aspekty pracy stanowiska wziąć pod uwagę.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] *Instrukcja bezpieczeństwa pożarowego dla Metra Warszawskiego*, Metro Warszawskie Sp. z o.o., Warszawa 2004.
- [2] *Instrukcja prowadzenia ruchu na I linii metra*, Metro Warszawskie Sp. z o.o., Warszawa 2009.
- [3] Kozłowski P., Rogowski A., *Ocena obciążenia operatorów komputerowych systemów sterowania ruchem*, Logistyka 2010 (Logistyka – nauka, materiały XIV Międzynarodowej Konferencji TRANSCOMP 2009 Komputerowe Systemy Wspomagania Nauki, Przemysłu i Transportu).
- [4] Szydłowski J., *Instrukcja obsługi urządzeń dla dyspozytora ruchu w Metrze Warszawskim*, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Warszawa 2007.