

KSZTAŁTOWANIE PROCESÓW PRACY NA STANOWISKU TERMOFORMOWANIA WYROBÓW PRZEMYSŁU MOTORYZACYJNEGO

Józef MATUSZEK, Kinga BYRSKA

Streszczenie: Celem opracowania jest analiza i ocena ergonomicznego kształtowania maszyn w praktyce przemysłowej. Zaprezentowano zasadę pracy na analizowanym stanowisku, zakres prac wykonywanych przez operatora oraz oceniono pod kątem wybranych norm ergonomicznych dalsze możliwości do doskonalenia stanowiska. Wskazano na uciążliwości i ryzyko jakie ponosi pracownik na swoim stanowisku pracy. Normy według których podjęto analizę to: PN-EN ISO 6385:2005; PN-EN ISO 14738:2009; PN-EN ISO 26800:2011; PN-EN 13861:2012; PN-EN 1005-4 A1:2009.

Słowa kluczowe: ergonomia, kształtowanie ergonomiczne, proces termoformowania

1. Wprowadzenie do zagadnienia ergonomii

Głównym celem dla którego buduje się narzędzia i konstruuje maszyny jest zwielokrotnienie i ułatwienie wykonywanej pracy. Ergonomia i psychologia pracy nie może być obca konstruktorom, gdyż są oni odpowiedzialni za zdrowie i bezpieczeństwo użytkowników. System eksploatacyjny stanowi układ przekształceń masowych, energetycznych i informacyjnych. Pojawia się tutaj konfrontacja wymagań ergonomicznych i problem doskonalenia układów socjotechnicznych i systemów antropotechnicznych. Środki techniczne tworzą technosferę, która materialnie ogranicza człowieka w sposób niedostatecznie dotychczas zbadany i zidentyfikowany [6].

Pod pojęciem obciążenia pracą rozumieć można całokształt warunków zewnętrznych i wymagań w systemie pracy, które zakłócają fizjologiczną i psychiczną równowagę organizmu. Systemy pracy mogą przyjmować w trakcie funkcjonowania różne stany, można je podzielić na podzbiory stanów eksploatacyjnych, niezawodnościowych, gotowości, bezpieczeństwa. W odniesieniu do człowieka można mówić także o stanach funkcjonalnych normalnych i patologicznych. Optymalny stan funkcjonalności pracownika to stan, w którym pracownik pracuje w tempie akceptowanym z ekonomicznego punktu widzenia, utrzymując emocjonalną i fizjologiczną harmonię czerpiąc satysfakcję z pracy. Jednym z naturalnych i charakterystycznych dla człowieka stanów jest zmęczenie będące konsekwencją wszelkiej pracy. Nie można mówić o jakości produktu nie określając jej przez pryzmat odbiorców czyli klientów, podobnie jakość ergonomiczna powinna być oceniana przez pryzmat operatorów czyli odbiorców projektu stanowiska pracy. Operator jest tutaj ostatecznym i końcowym weryfikatorem jakości. Parafrazując polskie wydanie normy ISO 8402 można wskazać jako zapewnienie jakości ergonomicznej wszystkie planowane i systematyczne działania służące do wzbudzenia należytego zaufania, co do tego, że stanowisko pracy spełni wymagania jakościowe i bezpieczeństwa [1,4].

2. Zasady kształtowania stanowisk pracy

Można założyć zgodnie z zasadą Pareto-Lorenza iż usunięcie 20% najważniejszych powodów odczuwania dyskomfortu pozwoli na eliminację 80% odczuwanej przez pracownika uciążliwości [1,5].

Projektując stanowisko pracy pracodawca musi dostosować warunki do możliwości zatrudnionego poprzez odpowiednie jego organizowanie, dobór maszyn, urządzeń technicznych, narzędzi jak również metod pracy uwzględniając zmniejszenie jej uciążliwości, chodzi przede wszystkim o monotonię i ustalone z góry tempo jak również ograniczenie negatywnego wpływu na zdrowie człowieka [6].

Kryteria ergonomiczne przyjęte przez projektantów do oceny ergonomicznej odpowiadać muszą charakterowi przedsiębiorstwa i branży, w której realizowany jest proces pracy. Kryteria dotyczyć mogą w sposób ogólny obszarów projektu systemu antropotechnicznego takich jak: projekt procesu pracy (treści pracy, przyjętej metody pracy, funkcji wyposażenia technologicznego), przestrzeń pracy (uwarunkowania pozycji ciała, przestrzeń czynności ruchowych i pracy wzroku, architektura obiektu technicznego), projekt elementów informacyjnych, sygnalizacyjnych i sterowniczych, środowiska fizyko - chemiczno – biologicznego [2].

W literaturze dostępny jest szereg publikacji ogólnie ujmujących zasady projektowania stanowisk pracy. Wymieniane są wielokrotnie kryteria oceny i metody oceny ergonomiczności już funkcjonujących stanowisk pracy. O ile wykonanie oceny według proponowanych wytycznych i procedur nie nastręcza trudności i pozwala na tworzenie rankingów stanowisk o największym stopniu niedostosowania do wymagań antropometrycznych pracowników, o tyle sama poprawa stanu tych stanowisk stanowi faktyczny problem. Odczuwalny dla konstruktorów, technologów, inżynierów procesu jest brak literatury w której byłyby przedstawione konkretne rozwiązania ergonomicznego kształtowania stanowisk pracy w wybranych zakładach przemysłowych. Takie opracowania wraz z omówieniem potrzebnej dokumentacji, metod walidacji i skutków wynikających z wprowadzonych inwestycji byłyby bezcenne dla praktyków bezpośrednio tworzących przestrzeń pracy wielu polskich pracowników.

Na chwilę obecną najcenniejszym źródłem wiedzy na temat ergonomii koncepcyjnej są normy. Szereg norm ma status norm europejskich lub zostało wydanych i przyjętych następnie w języku oryginalnym jako normy PN-EN ISO. Statystyki jednoznacznie potwierdzają, iż we współczesnej organizacji pracy w przedsiębiorstwach bardzo małą rolę przykłada się do ergonomii systemów pracy. Zdziwiający wydaje się wobec tego fakt, iż do celów projektowania ergonomicznego dostępne jest w Polsce aktualnie ponad 100 norm krajowych i międzynarodowych specyfikujących warunki organizacji pracy człowieka.

Normy polskie oznaczane są symbolem PN, po którym następuje rok wydania normy, następnie symbol branżowy i pięciocyfrowy numer normy. Normy z zakresu antropometrii i biomechaniki oznaczone są symbolem branżowym N. Istniejące normy krajowe z zakresu biomechaniki i ergonomii można podzielić na trzy grupy: pojęcia ogólne, dane antropometryczne, wymagania przestrzenne [13].

Inne ogólnodostępne dane odnośnie najlepszych praktyk w projektowaniu stanowisk pracy dostarczane są bezpłatnie między innymi przez CIOP – Centralny Instytut Ochrony Pracy. Przeszukując normy dostępna na stronach Polskiego Komitetu Normalizacyjnego posługiwać się należy kodem ICS – jest to numer międzynarodowy klasyfikujący grupy norm. Międzynarodowa Klasyfikacja Norm (ICS) opracowana przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną (ISO) stanowi podstawę opracowywania międzynarodowych,

europejskich i krajowych katalogów norm oraz innych dokumentów normalizacyjnych, a także podstawę prenumeraty norm. Jest ona również stosowana do klasyfikowania norm i dokumentów normalizacyjnych w bazach danych oraz w bibliotekach. ICS jest hierarchiczną klasyfikacją trzypoziomową. Poziom 1 składa się z 40 dziedzin działalności normalizacyjnej, takich jak przykładowo pojazdy drogowe, rolnictwo, metalurgia. Każda dziedzina jest oznaczona wyróżnikiem dwucyfrowym. Dziedziny są podzielone na 392 grupy niższego poziomu (poziom 2). Oznaczenie grupy składa się z wyróżnika dziedziny i trzycyfrowego wyróżnika grupy, oddzielonych kropką. 144 z 392 grup jest podzielonych na niższe 909 podgrup (poziom 3). Oznaczenie podgrupy tego poziomu składa się z oznaczenia grupy i dwucyfrowego numeru, oddzielonych kropką. Normy dotyczące zagadnień ogólnych oznaczone są numerem podgrupy 01, natomiast normy niemieszczące się tematycznie do żadnej z podgrup 99. Jeżeli z treści normy nie wynika jasno dziedzina jej stosowania, indeksujący może wziąć pod uwagę tematykę odpowiedniego komitetu technicznego, podkomitetu lub grupy roboczej odpowiedzialnej za opracowanie danej normy [16]. W trakcie analizy dostępnych klasyfikatorów określono kategorie norm, w których mogą zawarte być informacje przydatne z punktu widzenia przedsiębiorstwa w którym prowadzona jest analiza. Między innymi odszukać można klasyfikatory: 01.040.13 Środowisko. Ochrona zdrowia. Bezpieczeństwo (Słownictwo); 01.040.25 Przemysł maszynowy (Słownictwo); 01.040.83 Przemysł gumowy i tworzyw sztucznych (Słownictwo); 13 Środowisko. Ochrona zdrowia. Bezpieczeństwo; 13.100 Bezpieczeństwo w miejscu pracy. Higiena przemysłowa; Odzież i sprzęt ochronny, patrz 13.340; Oświetlenie stanowisk pracy, patrz 91.160.10; 13.110 Bezpieczeństwo maszyn (Niniejsza grupa obejmuje normy wyłącznie do ogólnego stosowania); 13.180 Ergonomia; 83.080 Tworzywa sztuczne; 83.080.01 Tworzywa sztuczne. Zagadnienia ogólne; 83.080.10 Tworzywa termoutwardzalne w tym ebonit, silikon, patrz 71.100.55; 83.080.20 Tworzywa termoplastyczne; 83.140 Wyroby z gumy i tworzyw sztucznych; 83.140.01 Wyroby z gumy i tworzyw sztucznych. Zagadnienia ogólne; 83.140.99 Inne wyroby z gumy i tworzyw sztucznych.

3. Przedstawienie wymagań procesu analizowanego stanowiska pracy

3.1. Proces termoformowania

Termoformowanie polega na równomiernym nagraniu materiału powyżej temperatury mięknięcia T_m - tworzyw bezpostaciowych lub temperatury topnienia krystalitów T_t – w przypadku tworzyw częściowo krystalicznych. Kolejny etap to odkształcenie surowca pod wpływem ciśnienia zewnętrznego odwzorowując kształt formy. Podczas termoformowania pod wpływem naprężeń tworzywo odkształca się będąc w stanie wysokoelastycznym, stan tego odkształcenia jest utrwalany podczas chłodzenia. Na przebieg procesu termoformowania istotny wpływ mają wytrzymałość na rozciąganie lub zginanie oraz maksymalne wydłużenie przy zerwaniu w temperaturze kształtowania. Determinanty sterowania procesem to: z punktu widzenia łatwości formowania jak najwyższa wartość temperatury, z punktu widzenia wytrzymałości tworzywa jak najniższa. W związku z tym w procesie termo formowania zachodzi konieczność wyznaczenia zakresu temperatury, w którym będą zapewnione optymalne warunki formowania. Technologia termoformowania zastępuje w znacznym stopniu technologię wtrysku. Metodą tą można wytwarzać wyroby o bardzo małej grubości ścianki rzędu setnych części mm i o znacznych gabarytach rzędu kilku m² [18].

3.2. Budowa maszyny do termoformowania

Maszyna, która służy do procesu termoformowania ma wymiary, w zależności od tego do jakich form jest dostosowana. Przeważnie gabaryt maszyny nie przekracza 3,5m wzdłuż, 1m szerokości i ok. 1,8m wysokości. Formy do kształtowania przewodów są wymienne, tzn. w zależności od wymiarów na jakie uformowane mają być przewody dobiera się odpowiednią formę. Każda z maszyn może mieć wykorzystane w procesie maksymalnie dwie formy. Wówczas są one mocowane po dwóch stronach obrotowego elementu korpusu. W czasie formowania przewodów na jednej z form pracownik wykonuje proces mocowania kolejnych przewodów prostych na drugiej formie. Praca wykonywana jest w systemie ciągłym aż do wykonania całej zleconej partii, ok. 50- 200 sztuk danego wymiaru przewodów. Formy są regularnie przekazywane do regeneracji, w celu usunięcia uszkodzeń tuneli kształtujących mogących powstawać w procesie wytwarzania przewodów. Ilość form magazynowych w zakładzie jest bardzo duża. Do transportu form używane są wózki transportowe ręczne a w czasie zakładania form na maszynę wykonywana jest praca przez dwóch operatorów jednocześnie.

Fotografia maszyny znajduje się na rys. 1. Przedstawia ona pracownika w trakcie wykonywania zadań roboczych. W trakcie analizy do weryfikacji kątów w poszczególnych partiach ciała operatora można zastosować system DELMIA Dassault Systemes. Program ten zawiera wiele modułów do analiz ergonomicznych nie tylko pozycji ciała ale także całych procesów wytwarzania. Możliwa jest np. identyfikacja zakresu wzroku operatora co zostało zilustrowane na rys. 2.



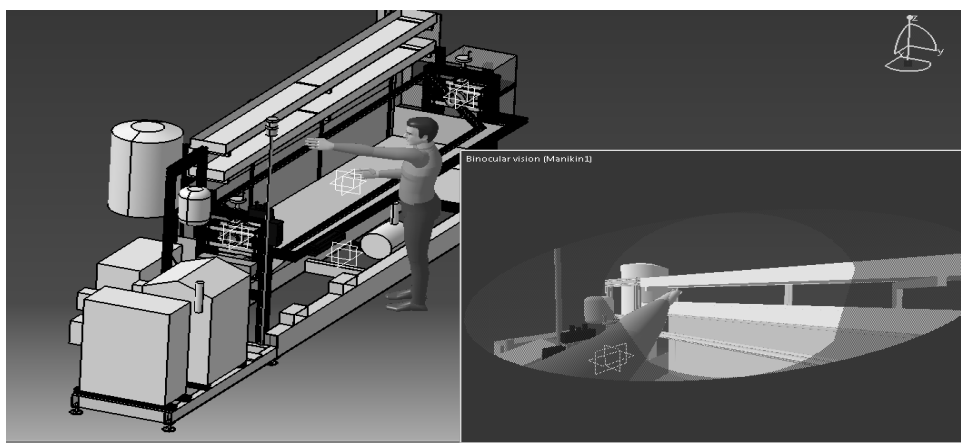
Rys. 1. Operator maszyny do termoformowania w trakcie pracy.

3.3. Zakres szczegółowy czynności wykonywanych przez operatora

Cykl pracy operatora trwa ok. 2,5-3 minuty. Przed rozpoczęciem pracy operator wykonuje prace typu porządkowego na stanowisku pracy; sprawdzenie czy na maszynie nie znajdują się przedmioty niepożądane; otwarcie zaworów wody, pary i powietrza; uruchamianie maszyny głównym włącznikiem zasilania i odpowiednie sterowanie parametrami maszyny; nagrzanie maszyny do temperatury 5°C niższej od nominalnej; sprawdzenie stanu osłon bezpieczeństwa; sprawdzenie barier przejścia; sprawdzenie stanu wyłącznika awaryjnego; sprawdzenie poprawności funkcjonowania zabezpieczeń; sprawdzenie stanu przycisku start; sprawdzenie stanu trzpieni na głowicy szlifującej, węży zasilających, sprawdzenie czy panel sterujący czasem formowania oraz gefran regulujący temperaturę są zamknięte kłódką a przełącznik do sterowania obrotem form jest w dobrym stanie; upewnienie się iż szafa elektryczna jest zamknięta; zmiana formy w zależności od

wykonywanych przewodów - wyszukanie formy zgodnej z planem produkcyjnym, transport formy z magazynu wewnętrznego, sprawdzenie zgodności formy (referencja, indeks, ponumerowane kanały, poprawne sprężyny oraz ich odpowiedniej jakości (długość, średnica, zeszlifowana końcówka, brak załamań, pomalowana końcówka dla sprężyn $\text{Ø}3,2$), tulejki zidentyfikowane oraz odpowiedniej jakości, kanały nie zniszczone, kompletne, nie oklejone taśmami; sprawdzenie ustawień maszyny - muszą być odpowiednie do założonych norm produkcyjnych, wg. parametrów formowania; ustawienie cyklu na panelu bocznym przez uprawnionego mechanika; sprawdzenie czy jest na stanowisku pracy Karta Bezpieczeństwa; sprawdzenie i wypełnienie dokumentu tzw. Listy Kontrolnej przed rozpoczęciem pracy; sprawdzenie czy są opisane przewody proste (kod wyrobu + oznaczenie partii); sprawdzenie planu kontroli dla wydziału, zapoznanie z nim.

W procesie produkcji podstawowe zadania operatora to pobieranie przewodów z regału obok lub znad maszyny; użycie silikonu lub denaturatu; nasuwanie przewodu na sprężynę (jeśli jest sprężyna) i wkładanie przewodu do głowicy startowej formy dokładnie dociskając do oporu przewód do ścianki w głowicy; wprowadzenie przewodu do formowania do kanałów; zamknięcie końcówki przewodu, przewód musi przejść w tak by podczas formowania był uszczelniony; start cyklu uruchomiamy za pomocą dwóch przycisków start; w czasie cyklu pracy operator ładuje przewody do drugiej formy oraz sprawdza czy na formie w cyklu nie ma wycieków pary, wody, itp. Po zakończonym cyklu (co jest sygnalizowane sygnałem dźwiękowym i świetlnym) operator wyjmuje uformowane przewody z kanałów, każdy osobno, delikatnie i po linii otwarcia kanału; jego obowiązkiem jest wyciągnięcie sprężyny z uformowanego przewodu; sprawdzenie przewodów z każdego kanału czy nie posiadają zarysowań, zagnieceń; odłożenie uformowanych przewodów do pojemnika, pudełka lub na wieszak; rejestrowanie wyników pomiarów oraz braków w rejestrach zgodnie z wytycznymi działu jakości; zatwierdzenie pierwszych sztuk przez lidera; wypełnianie poprawnie karty wyrobu oraz opisywanie przewodu uformowanego, półwyrobów; doprowadzenie stanowiska do czystości na końcu zmiany. Na końcu zmiany także może być wymagane od operatora przekazanie narzędzi, maszyny i uwag odnośnie funkcjonowania maszyny zmiennikowi; wyłączenie maszyny na panelu sterowania; zamknięcie zaworów wody, pary i powietrza; odłączenie zasilania maszyny.



Rys. 2. Model maszyny do termofornowania oraz zakres wzroku pracownika w trakcie pracy, model wykonany w systemie DELMIA Dassault Systemes.

4. Analiza wymagań wybranych norm ergonomicznych

4.1. PN-EN 13861:2012 -Bezpieczeństwo maszyn - wytyczne do stosowania norm dotyczących ergonomii w projektowaniu maszyn

Wskazuje ona potrzebę identyfikacji zagrożeń na każdym etapie pracy, w każdej fazie, w której może znajdować się maszyna. Norma załącza wzór tabeli, która może służyć do takiej identyfikacji. Zaleca się by dokonać oceny ryzyka pod kątem wybranych kryteriów ergonomicznych. Jeśli jakieś zidentyfikowane ryzyko jest niemożliwe do uniknięcia należy dokładnie określić środki i przebieg pracy, stworzyć instrukcję określającą jak ta zagrażająca praca ma być wykonywana.

Etapy projektowania stanowiska pracy to: weryfikacja przestrzeni pracy; weryfikacja zagrożeń dla pracownika, spośród których norma wymienia przykładowe: ciepło, hałas, nieprawidłowa pozycja ciała, nieuwzględnienie anatomii człowieka, oświetlenie, obciążenie psychiczne, zachowanie ludzkie, upadek, brak dostępu wzrokiem do przedmiotu obrabianego, nieprawidłowe siedzenie, lokalizacja kontrolki i panelu sterowniczego. W celu weryfikacji konstrukcji maszyny sprawdza się także aspekt transportu maszyny to znaczy czy jest możliwy jej montaż, przewożenie, dostosowywanie do warunków zakładu. Należy określić jaka populacja pracowników – wiek, płeć, antropometria, cechy, umiejętności będzie korzystała z maszyny, jaka jest lateralizacja pracowników – czy są wyłącznie praworęczni czy są w grupie także osoby, które głównie posługują się lewą ręką, czy są w grupie osoby o stwierdzonym stopniu niepełnosprawności. Ocenia się jako element ergonomii przestrzeni pracy wrażenia dotykowe przy kontakcie z maszyną, kinematykę ruchów maszyny i pracownika, instrukcje wizualne, zapachy wydzielane na stanowisku pracy.

Norma wyraźnie wskazuje na potrzebę określenia środków ochrony indywidualnej i zbiorowej, jakie konkretnie mają zastosowanie w analizowanym przypadku. Ważne jest określenie do jakiego niezamierzonego użycia może dojść i jak jego skutki będą minimalizowane. Możliwe sytuacje do rozważenia to: użycie przez innych pracowników, przez brak zręczności, do niewłaściwego celu, w warunkach niewłaściwych, bez wymaganego szkolenia stanowiskowego.

4. 2. Wytyczne PN-EN ISO 26800:2011 Ergonomia - Podejście ogólne, zasady i pojęcia

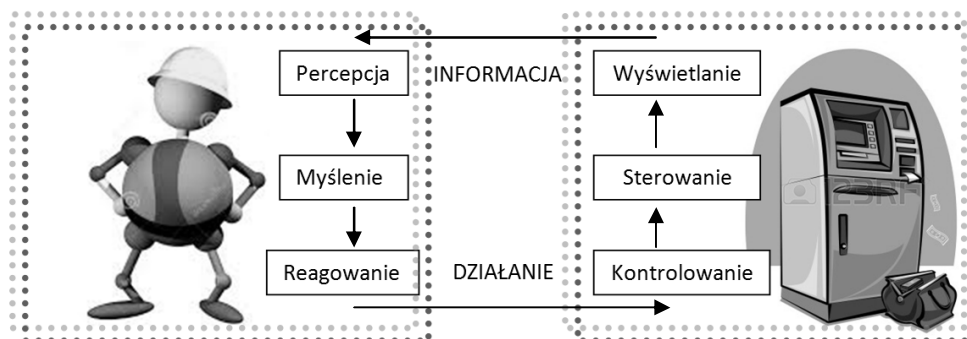
Norma zwraca uwagę aby artefakt był tak zaprojektowany, aby mogło z niego korzystać jak najwięcej użytkowników. Pojawia się zatem odwołanie do zasady projektowania uniwersalnego, tzn. wymiary maszyny mają uwzględniać jak największą rozpiętość cech anatomicznych pracowników. Norma podkreśla, iż zmęczenie jest stanem niepatologicznym i dotyczy sytuacji, gdy objawia się zewnętrznie wewnętrzne obciążenie. Obciążenie wewnętrzne rozumiane jest na równi z pojęciem napięcia pracą. Norma we wstępie podkreśla, iż podczas optymalizacji systemu pracy należy wziąć pod uwagę aspekt fizjologiczny, biomechanikę pracy, antropometrię, aspekt poznawczy; charakterystykę procesu pracy, złożoność procesu pracy i środowisko pracy – fizyczne oraz społeczne, np. relacje międzyludzkie. Obciążenie wewnętrzne wpływa na sposób pracy pracownika – metodę jaką wybiera on podczas pracy co przekłada się w efekcie na wykonany wyrób-efekt pracy, jego ilość i jakość generowaną podczas pracy. Stanowi to przesłankę, aby oprócz analizy instrukcji pracy przyjrzeć się szczegółowo jak wykonywana jest faktycznie praca. Celem projektowania ergonomicznego jest zwiększenie efektywności systemu

produkcyjnego. Projektowanie nowych lub zmiany w starych stanowiskach pracy nie mogą odbywać się bez wykonania oceny projektu i bez ustalenia właściwych kryteriów oceny ergonomicznej.

Użytkownicy bądź potencjalni użytkownicy powinni ocenić projekt systemu lub choć powinni być w tę ocenę zaangażowani. Należy brać pod uwagę, iż w przyszłości grupa docelowa pracowników może się zmienić pod względem wartości cech antropometrycznych. Projektując należy uwzględnić 95 i 5 percentyl wartości cech antropometrycznych. Podczas projektowania elementów bezpieczeństwa uwzględnia się 1 i 99 percentyl. Należy także uwzględnić naturę ruchów człowieka. Niedocenienie tego aspektu powoduje odwrotny efekt i efektywność nie tylko człowieka operatora ale efektywność całego systemu w ogóle. Projektowanie zadań pracy uwzględniać musi możliwe różnice pomiędzy projektem zakresu czynności operatora a faktycznie wykonywanymi zadaniami. Powody tych różnic to zmiany wyposażenia, rodzajów, charakterystyki materiałów względem planowanych pierwotnie. Dobrze sformułowane zadania robocze mogą być wykonywane bezpiecznie w długim okresie pracy. Powinny odpowiednio wykorzystywać możliwości i umiejętności operatorów. Należy zidentyfikować nakład sił pracownika na wykonanie zadania i efekty planowane tej pracy. Zwrócić uwagę trzeba także na powiązania pomiędzy poszczególnymi kolejnymi zadaniami roboczymi. Wzajemne relacje operatora i maszyny ilustruje rys. 3.

Zadania dla systemu wytwórczego można podzielić na podzadania względem których analizuje się poszczególne czynności pracy. W prostych systemach wytwórczych dąży się, aby zadanie wykonywał w całości operator, dla systemów rozbudowanych aby praca wykonywana była przez zespół. Zadania mogą być powiązane ale wykonywane indywidualnie. Z uwagą traktuje się wpływ na środowisko, wymagania prawne oraz sferę kulturową organizacji. Kształtowanie środowiska pracy powinno być uwzględniane w projekcie stanowisk roboczych. Obecnie często traktuje się to środowisko jako stan stabilny, który nie ulega zmianie. Jeśli analizuje się wyniki w neutralnym środowisku często później osiągnięte przez system pracy wyniki są gorsze niż oczekiwano. Każdy zaprojektowany system powinien być oceniony według wybranych kryteriów, bez względu na to czy projektowany był z uwzględnieniem człowieka jako najważniejszego elementu systemu pracy czy nie. Takimi kryteriami według normy mogą być: wydajność ludzka, zdrowie i bezpieczeństwo, satysfakcja pracowników.

Poprzez pomiar wydajności pracy ocenia się czy dzięki projektowi czynności roboczych zwiększono umiejętności, zdolności, możliwości wytwórcze systemu. Wielokrotna ocena systemu jest integralnym elementem projektowania stanowiska. Zwraca się uwagę, aby obciążenie powodowało te same skutki dla pracownika, bez względu na fakt czy obciążenie pracą będzie wykonywane w krótkim okresie czasu czy długo. Ważnym jest fakt, że obciążenie pracą, zarówno wewnętrzne jak i zewnętrzne wpływa nierównomiernie i uzależnione jest od cech osobowościowych operatora. Elementem wpływającym na odczuwaną subiektywnie uciążliwość pracy jest także struktura odpoczynku. Człowiek w procesie pracy oprócz obciążenia wewnętrznego i zewnętrznego ulega wpływowi krótkotrwałych procesów wewnętrznych, które z jednej strony mogą pogarszać warunki wykonywania pracy – odczuwane zmęczenie, znużenie a z drugiej strony mogą je polepszać. Złe dobrane tempo pracy może niszczyć efekt końcowy tej pracy i powodować złą jakość albo słabą wydajność. Ciężka praca fizyczna na ogół kojarzy się wyłącznie z negatywnymi zjawiskami takimi jak ból, jednakże ma ona też pozytywny aspekt w postaci adaptacji, polepszenia ogólnej kondycji człowieka.



Rys. 3. Układ pracy człowiek-maszyna i ich wzajemne powiązanie.

Norma wskazuje, aby wszystkie komponenty współtworzące system były zidentyfikowane. Użyteczność w aspekcie projektowania ergonomicznego oznacza również, że wszelkie stany stanowiska zostały uwzględnione a więc także proces konserwacji, konieczność naprawy i również stanowisko pracy pozwala na ergonomiczną pracę. Uwzględnia się także proces wycofywania maszyny użytku, możliwość jej przewozu itp. W trakcie projektowania ergonomicznego uwzględnia się wszystkie aspekty – również możliwości treningu, zwiększania możliwości i kwalifikacji pracowników. Proces projektowania powinien cechować się elastycznością aby można było uwzględnić wszystkie aspekty projektu. Należy zwrócić również uwagę na trwałość wykonywanego stanowiska pracy i społeczną odpowiedzialność jego twórców. Projekt musi charakteryzować się odpowiednią jakością, stosunkiem tej jakości do ceny. Społeczna odpowiedzialność związana jest ze zdrowiem użytkowników, brakiem generowania zagrożeń w procesie pracy a także dla środowiska naturalnego ze strony stanowiska pracy, stosowanych pomocy warsztatowych czy substancji chemicznych.

4.3. Analiza według wytycznych PN-EN ISO 6385:2005 - Zasady ergonomiczne w projektowaniu systemów pracy

Jest to kolejna norma, w której obciążenie pracownika lub stres podczas pracy nie mają wydzwiku negatywnego. Norma przewiduje projekt stanowiska uwzględniający etapy: formułowania celów systemu, określenie możliwości lokalizacji przestrzennej oraz funkcji jakie mają być wykonane, analizę sekwencji i subsekwencji wykonywanej pracy, tworzenie koncepcji stanowiska pracy, szczegółowy projekt, realizacja, wdrożenie stanowiska i jego walidacja, ocena. Na każdym etapie wyłącznie proponuje się rozwiązania a dopiero na końcu, w ostatnim kroku dokonuje ich oceny. Działanie takie ma na celu nie tworzenie ograniczeń dla kreatywnego rozwiązywania zagadnień ergonomicznych. Norma podkreśla, iż już projekt powinien uwzględniać stany takie jak konserwacja i naprawa urządzenia. W projekcie systemu pracy scharakteryzowane powinny być organizacja pracy i przeznaczone dla pracownika zadania pracy. Zadania muszą być jasne dla operatorów. Wskazane jest, aby pracownicy nie pracowali na wymuszonym przez maszynę tempie. Przez zaplanowanie ich, określone stają się już wówczas doświadczenia i kwalifikacje jakie wymagane są od operatorów. Zadania powinny być tak określone aby wykonywać wyłącznie działania wymagane przez proces a omijać czynności które nie dodają produktowi wartości.

Projekt natomiast obejmuje: propozycję sposobu pracy, środowiska pracy, wyposażenia

stanowiska pracy, sprzętu komputerowego i oprogramowania jeśli ma zastosowanie, przestrzeni stanowiska pracy. W trakcie koncepcji można określić w jaki sposób rozwijane będą umiejętności pracowników, jakie ćwiczenia są ku temu najbardziej wskazane. Jest to zatem kolejna norma, która podkreśla szkolenie jako drogę do poprawy relacji człowiek – środek techniczny. Ponownie podkreślono, iż uniknąć należy przeciążenia jak i niedociążenia pracownika pracą. Jeśli nie ma możliwości wprowadzenia udoskonaleń w konstrukcji maszyny ewentualnie dla poprawy jakości pracy na stanowisku wprowadza się: dodatkowe przerwy, zmiany organizacyjne takie jak np. rotacja pracy, wzbogacanie treści pracy. Zwrócono uwagę na wykorzystywane narzędzia i przedmioty pracy. Przedmioty najczęściej używane powinny być najbliższej lub w zasięgu wzroku. Od maszyny wymaga się, że sygnały wizualne i dźwiękowe powinny minimalizować ryzyko powstania błędu i wadliwego wyrobu. Norma wskazuje, iż powinno określić się naciski z jakimi oddziałuje człowiek w procesie pracy. Norma podkreśla, iż ocenę ergonomiczną należy wykonywać z uwzględnieniem co najmniej 3 rodzajów kryteriów: zdrowia i dobrego samopoczucia gdzie zastosować można metody badawcze medyczne/ fizjologiczne, psychologiczne, subiektywną ocenę, bezpieczeństwo – niezawodność systemu, błędy, niebezpieczne zachowania, zdarzenia potencjalnie wypadkowe, wypadki, wydajność – jakość, ilość.

4.4. Wytyczne PN-EN ISO 14738:2009 - Bezpieczeństwo maszyn - Wymagania antropometryczne dotyczące projektowania stanowisk pracy przy maszynie

Wytyczne zawarte w normie dotyczą pozycji przy pracach zarówno siedzącej jak i stojącej. Norma dotyczy maszyn, które się nie poruszają. Norma nie skupia się na innych stanach poza stanem głównym, tzn. nie analizuje ani przestrzeni wymaganej do czyszczenia, ani konserwacji ani napraw maszyny. W projekcie stanowiska uwzględnia się i określa jaki będzie cykl maszyny, czas trwania czynności, następnie w kolejnym etapie: przestrzeń pracy, rozmiar i kształt obiektów które będą chwymane przez operatora, rodzaje sił jakie będą wywierane przez mięśnie operatora; rodzaje czynności jakie muszą być wykonane; pomiary ciała znajdującego się w ruchu dynamicznym; produktywność wymaganą od systemu produkcyjnego; koordynację ruchową; przestrzeń wzrokową; potrzebę komunikacji z innymi pracownikami; częstotliwość wykonywania ruchów roboczych, ruch głową oraz kończyn; potrzebę możliwości dojścia do stanowiska pracy, poruszania się między stanowiskami; możliwości przyjęcia różnych pozycji ciała. Jeśli to możliwe norma wskazuje, by udostępniać pracownikowi swobodną zmianę pozycji pracy z siedzącej na stojącą i odwrotnie. Jako preferowaną pozycję należy wskazać pozycję siedzącą jeśli konieczny jest wybór jednej. Typ pracy na maszynie do termoformowania obejmuje jednocześnie pracę z ruchem ramion w górę podczas zakładania przewodów prostych w formie oraz pracę na rozległej przestrzeni gdyż pracownik przechodzi wzdłuż całej maszyny. W trakcie pracy od operatora wymaga się oddziaływania na przedmiot pracy – przewody proste muszą być wepchnięte do kanałów formy maszyny i odpowiednio zablokowane. Siła wymagana do pracy zależy od rodzaju przewodu – jego ścianek i średnicy. Dlatego lepszą pozycją pracy w analizowanym przypadku zgodnie z wymaganiami normy jest pozycja stojąca.

Podczas oceny ergonomiczności na uwadze trzeba mieć fakt, iż pomiary antropometryczne nie uwzględniają ograniczeń ruchu wynikających ze skrupowania ubraniem. Pozycja siedząca przewidziana jest dla prac precyzyjnych ale posiadających ograniczoną przestrzeń pracy. Pod rozwagę należy wziąć pozycję głowy i dobry dostęp

wzroku do obrabianego przedmiotu. Podczas pracy na maszynie do termoformowania kąt względem którego pracownik obserwuje obrabiane przedmioty wynosi ponad 30° , maksymalna wartość akceptowana w normie to 55° . W przypadku ciasnego ułożenia maszyn pracownik nie widzi co dzieje się za nim, co może powodować ryzyko wypadku. Wertykalnie praca wzrokowa wykonywana jest przy kącie nie przekraczającym 90° , co uznaje się za parametr akceptowany. Rozróżnić należy wysokość powierzchni roboczej i wysokość pracy operatora. Powierzchnia robocza maszyny do termoformowania to wysokość ramy obrotowej, wysokość powierzchni roboczej wynika z gabarytu formy oraz kształtu kanałów. Odpowiednia pozycja w tym przypadku to kompromis pomiędzy możliwością dobrego widzenia powierzchni pracy a w miarę niskimi naciskami wymaganymi od rąk w trakcie pracy. Powierzchnia pracy na maszynie do termoformowania jest wybitnie spadzista. Jeśli to możliwe należy zastanowić się jakie zmiany mogą wyeliminować pracę z uniesionymi ramionami. Możliwe byłoby to po obniżeniu wysokości ramy mocowania formy. Niekorzystne w wybranej pozycji są obciążenia statyczne, pozycja może powodować bóle pleców i stóp, obciążenie kolan, spływanie krwi do nóg. Norma wskazuje, iż pozycja stojąca jest korzystna w analizowanym przypadku gdyż nie ogranicza ruchów, pozwala pracownikowi na większą mobilność, pracownik może oddziaływać większą siłą dociskając przewody do formy kiedy stopy mają mocne oparcie. Wskazane jest, aby wysokość formy mogła być regulowana. Jeśli nie ma możliwości zastosować regulacji wysokości formy, wskazane byłoby udostępnić pracownikowi podest o regulowanej wysokości. Takie rozwiązanie jest jednak mniej dobre z punktu widzenia logistyki produkcji, utrzymania czystości i ryzyka wypadków. Jeśli podest będzie stosowany to nie może on być zbyt mały. Pojawia się wówczas ryzyko poślizgnięcia, przypadnięcia, zranienia na krawędziach jeśli nie są odpowiednio wykonane itd. Brak regulacji wysokości mocowania formy powinien być akceptowany tylko wówczas, gdy korzystanie z maszyny jest okazjonalne lub obsługuje ją stale jeden pracownik, do którego wymiarów jest ona dostosowana.

Norma określa parametry najlepszego, optymalnego podestu. Powinien mieć on wysokość regulowaną w zakresie 0-265mm. Wówczas spełnia wymagania dla 95. percentyla użytkowników z Europy. Dla prac precyzyjnych bez użycia dużej siły potrzebna jest wyższa wysokość robocza, około 1053-1584mm. Dla pracy przy maszynie do termoformowania wymagana jest średnia precyzja, przewody muszą być dociśnięte odpowiednio do kanałów, najlepsza wysokość dla operatorów to 965-1122mm. W przypadku braku regulacji wysokości przestrzeń robocza powinna być na wysokości 1195mm. Wysokość na stopy powinna wynosić ok. 226mm, głębokość na wsunięcie stóp nie mniej niż 210mm. Wysokość lokalizacji łokcia Europejczyka przeważnie zamyka się w przedziale 930-1195mm. Weryfikując dane z atlasu antropometrycznego Polaków, u mężczyzn ten łokieć jest na wysokości od 1027(P5) do 1207mm(P95), natomiast u kobiet od 1012(P5) do 1124mm(P95). Przy analizowanej pracy wymagana jest przestrzeń 600-800mm prostopadle do stanowiska [3].

Populacja dorosłej ludności w wieku produkcyjnym jest znacznie zróżnicowana pod względem wymiarów antropometrycznych. Dane podawane są zwykle w układzie wartości skrajnych reprezentowanych przez centyle 5. i 95. Operowanie nimi oznacza uwzględnienie zróżnicowań wymiarowych 90% populacji. Jest to zasada miar ograniczających, stosowana zarówno w analizie, jak i w projektowaniu struktur technicznych. Należy zauważyć, że wymiary wysokości ciała 50. centyla kobiet i 5. centyla mężczyzn są w przybliżeniu porównywalne, jak również odpowiednie wymiary 95. centyla kobiet i 50. centyla mężczyzn. Używanie miar średnich, tzw. przeciętnego Polaka jest błędem

metodologicznym, gdyż może ona eliminować 50% populacji [13].

4.5. Wytyczne PN-EN 1005-4 A1:2009 - Bezpieczeństwo maszyn - Możliwości fizyczne człowieka - Część 4: Ocena pozycji pracy i ruchów w relacji do maszyn

50% pracowników według danych wynikających z normy wykonuje krótkie powtarzalne czynności pracy oraz są zazwyczaj narażeni na powodujące uciążliwości bólowe pozycje ciała. Norma zwraca uwagę, iż nie można rozpatrywać stanowiska pracy samego w sobie a należy rozumieć go jako część całego systemu pracy. Określić należy wpływ danego systemu pracy na inne stanowiska robocze, czy stanowisko wymusza tempo pracy lub oddziałuje w jakiś sposób na innych pracowników. Etapy postępowania według analizowanej normy to: ustalenie populacji docelowej operatorów, analiza zadań roboczych, identyfikacja wymagań prawnych, wykonanie rysunków koncepcyjnych, rysunków w formie plików CAD, ustalenie wymiarów stanowiska pracy, ocena ryzyka zawodowego i ryzyka ergonomicznego, jeśli ryzyko jest zbyt duże przeprojektowanie rysunków koncepcyjnych, po zatwierdzeniu koncepcji ocena wykonana wraz z operatorem ostateczne określenie ryzyka zawodowego i ryzyka ergonomicznego.

Najlepsza pozycja ciała to taka, w której pracownik maksymalnie pochyla się do przodu o kąt 20° , gorszą ocenę uzyskuje pochylanie się w zakresie od 20° , ponad 60° traktowane jest jako stan nieakceptowany, podobnie jak konieczność utrzymywania przez cały czas jednolitej pozycji wyprostowanej. Przy pracach gdzie skłony są głębokie pracownik powinien mieć do dyspozycji stałą podporę ciała. Pracownik odwodzi ramiona w zakresie: z profilu na poziomie 2-3 ryzyka, tj. $20-60^\circ$ oraz z przodu zazwyczaj na poziomie punktu 1 ryzyka, tj. ok. $0-20^\circ$. Pracownik nie odchyła szyi o kąt większy niż 10° co uważane jest za wynik bardzo dobry. Wzrok operatora podczas wkładania i wyciągania przewodów jest na poziomie 0 a -40° a więc według oczekiwanych przez normę parametrów. Pracownik w trakcie pracy nie przekręca głowy o kąt większy niż 45° . Norma wskazuje na potrzebę weryfikacji lateralizacji pracowników.

5. Podsumowanie

Doskonalenie systemu produkcyjnego nie jest zadaniem łatwym, doskonaląc jeden obszar nie ma pewności, że doskonalony jest drugi – więcej, nie ma pewności że doskonaląc dany obszar nie powoduje się problemów w drugim. Kolejne modyfikacje pozwalają uporządkować funkcjonowanie systemu i wyeliminować marnotrawstwo, które utrudnia zarządzanie całym łańcuchem wartości przedsiębiorstwa. W wyniku analiz wielu stanowisk pracy można utworzyć ranking ergonomiczny stanowisk analizowanej organizacji. Pod rozważę należy przedsięwziąć problem zbudowania wiarygodnego modelu matematycznego kompleksowego oddziaływanie na człowieka czynników związanych z warunkami pracy ze względu na ogromną ilość czynników modyfikujących odczuwaną uciążliwość pracy. Można tworzyć modele uproszczone dla danej organizacji, jednakże nie można mieć do nich pełnego zaufania co do ich adekwatności w innym przedsiębiorstwie.

Literatura

1. Gajdzik B., Wyściślik A.: Jakość, środowisko i bezpieczeństwo pracy w zarządzaniu przedsiębiorstwem, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.

2. Matuszek J., Byrska K.: Ocena uciążliwości pracy na wybranych stanowiskach roboczych na podstawie określania wydatku energetycznego, w: Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012.
3. Nowak E., Atlas antropometryczny populacji polskiej – dane do projektowania Instytut Wzornictwa Przemysłowego, Warszawa 2000.
4. Slamková E., Dulina L., Tabaková M.: Ergonómia v priemysle, Wydawnictwo George, Žylina 2010.
5. Smutná M., Dulina L.: Metódy a softvérová podpora v priemyselnej ergonómii, Slovenská ergonómická spoločnosť, Žilina 2010.
6. Tytyk E., Górski E.: Ergonomia w projektowaniu stanowisk pracy, materiały pomocnicze do ćwiczeń projektowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1996.
7. Wasieńska K.: Jakość środowiska pracy i jej wpływ na funkcjonowanie człowieka w systemach technicznych, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. T. Kotarbińskiego, Zielona Góra 1999.
8. PN-EN ISO 6385:2005;
9. PN-EN ISO 14738:2009;
10. PN-EN ISO 26800:2011;
11. PN-EN 13861:2012;
12. PN-EN 1005-4 A1:2009
13. <http://nop.ciop.pl/>, 21.01.2013r,
14. http://www.pkn.pl/sites/default/files/ICS_v_6.pdf, 06.01.2014r.
15. www.iso.org, 06.02.2014r.
16. http://www.pkn.pl/sites/default/files/ICS_v_6.pdf, 06.02.2014r.
17. http://nop.ciop.pl/m3-4/m3-4_1.htm, 06.02.2014r.
18. <http://tworzywa.blogspot.com/>, 06.02.2014r.

Prof. dr hab. inż. Józef MATUSZEK
 Mgr inż. Kinga BYRSKA
 Katedra Inżynierii Produkcji
 Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
 43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2
 tel./fax: (0-33) 827 93 49
 e-mail: jmatuszek@ath.bielsko.pl
kinga.byrska@gmail.com