

Analiza ergonomiczna stanowiska montażowego

**Paulina
Kalinowska¹,
Aleksandra Polak-
-Sopińska²,
Anna Mączewska³**

Politechnika Łódzka
Wydział Zarządzania i Inżynierii
Produkcji

ORCID:

¹ 0000-0002-6553-8608

² 0000-0002-5331-4180

³ 0000-0002-4234-6726

Korespondencja:
Paulina Kalinowska
Politechnika Łódzka
Wydział Zarządzania i Inżynierii
Produkcji
Katedra Zarządzania Produkcją
i Logistyki
ul. Wólczńska 215
90-924 Łódź, Poland
Tel.: +48 42 63 13 754
+48 42 63 70 043
E-mail: paulina.kalinowska@p.lodz.pl

Abstrakt: W artykule dokonano analizy stanowiska nawijania cewki pod względem ergonomicznym, głównie pod względem dostosowania stanowiska do potrzeb antropometrycznych pracowników. Aby zidentyfikować występujące na tym stanowisku niedogodności, przeprowadzono szereg badań opartych m.in. na obserwacji bezpośredniej oraz rozmowach z pracownikami. Dokonano oceny ryzyka dolegliwości mięśniowo-szkieletowych wynikających z przyjmowanych pozycji za pomocą metody RULA i porównano wymiary geometryczne stanowiska z wymiarami antropometrycznymi człowieka. W dalszej części artykułu zaproponowano rozwiązania, których celem była eliminacja niedogodności zidentyfikowanych w trakcie badań na omawianym stanowisku.

Słowa kluczowe: analiza ergonomiczna, RULA, kształtowanie przestrzenne stanowisk pracy, obciążenie pracą na stanowisku

1. Wprowadzenie

W ciągu ostatnich lat można zauważyć rosnące zainteresowanie pracodawców kształtowaniem ergonomicznych i bezpiecznych warunków pracy. To zjawisko wynika z dostrzeżenia związku między dolegliwościami pracowników a warunkami, w jakich wykonują swoją pracę. Ponadto krajowe przepisy prawne nakazują pracodawcom tworzenie ergonomicznych i bezpiecznych warunków pracy. Obowiązki pracodawcy dotyczące wymagań ergonomii na stanowiskach czy w procesach pracy są zawarte m.in. w:

1. Kodeksie pracy (ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r., t.j. Dz.U. z 2018 r., poz. 917) – Dział dziesiąty, rozdział IV, art. 215 i art. 218: maszyny i inne urządzenia techniczne oraz narzędzia pracy powinny być tak konstruowane i budowane, aby uwzględniały zasady ergonomii.
2. Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. z 2008 r., nr 199, poz. 1228 z późn. zm.): § 16 ust. 1 „Maszyna powinna być tak

zaprojektowana i wykonana, aby w przewidzianych warunkach jej użytkowania ograniczyć do minimum dyskomfort, zmęczenie oraz obciążenie fizyczne i psychiczne odczuwane przez operatora. W tym celu należy zastosować zasady ergonomii (...).”

3. Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (t.j. Dz.U. z 2003 r., nr 169, poz. 1650 z późn. zm.) – w § 39, dotyczącym ryzyka zawodowego, ust. 2 pkt 4 mówi jednoznacznie o ergonomii: „dostosowanie warunków i procesów pracy do możliwości pracownika, w szczególności przez odpowiednie projektowanie i organizowanie stanowisk pracy, dobór maszyn i innych urządzeń technicznych oraz narzędzi pracy, a także metod produkcji i pracy – z uwzględnieniem zmniejszenia uciążliwości pracy, zwłaszcza pracy monotonnej i pracy w ustalonym z góry tempie, oraz ograniczenia negatywnego wpływu takiej pracy na zdrowie pracowników”. Również w § 45 ust. 1 (dotyczącym organizacji stanowiska pracy) jest zapis mówiący, iż „stanowiska pracy powinny być urządzone stosownie do rodzaju wykonywanych na nich czynności oraz psychofizycznych właściwości pracowników, przy czym wymiary wolnej (...) powierzchni stanowiska pracy powinny zapewnić pracownikom swobodę ruchu wystarczającą do wykonywania pracy w sposób bezpieczny, z uwzględnieniem wymagań ergonomii.

W celu poprawy warunków pracy powstały rządowe programy dla przedsiębiorstw dofinansujące działalność prewencyjną. Jednym z nich jest konkurs organizowany przez Zakład Ubezpieczeń Społecznych pt. „Dofinansowanie działań płatnika składek na poprawę bezpieczeństwa i higieny pracy”, w ramach którego przedsiębiorcy mogą otrzymać środki pieniężne m.in. na przeprowadzenie analizy i oceny ergonomiczności stanowisk pracy. Tego rodzaju inicjatywy mają na celu uświadomienie pracodawcom, że systematyczna analiza warunków pracy pod względem ergonomii pozytywnie wpływa na zdrowie i zadowolenie pracowników, co przekłada się na wzrost ich wydajności i produktywności.

W artykule przedstawiono dobre praktyki w zakresie poprawy warunków pracy na wybranym stanowisku montażowym w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Celem pracy było dokonanie analizy stanowiska nawijania cewki pod względem ergonomicznym ze szczególnym uwzględnieniem dostosowania stanowiska do potrzeb antropometrycznych pracowników.

2. Analiza ergonomiczna

Diagnoza ergonomiczna jest zbiorem działań w ramach ergonomii, polegających na rozpoznawaniu, różnicowaniu oraz ocenianiu układu człowiek – obiekt techniczny – otoczenie (Lubaś, 2010). Diagnoza ergonomiczna obejmuje głównie obszary z zakresu psychologii inżynierskiej, fizjologii pracy, a także antropometrii. Dostarcza wielu istotnych informacji o anatomicznych, psychicznych oraz fizjologicznych cechach i potrzebach użytkownika. Fundamentalnym celem diagnozowania ergonomicznego jest rozpoznanie poziomu ergonomicznej jakości tego układu we wszystkich jego fazach istnienia. W przypadku, gdy nie został spełniony wymagany poziom jakości, nieodzowne jest określenie rozbieżności oraz podjęcie działań modernizujących (Górska, 2015, s. 86). Przedmiotem diagnozy ergonomicznej

mogą być: cechy człowieka i biologiczne skutki pracy; obiekty techniczne; materialne środowisko pracy oraz stanowiska pracy.

W niniejszym artykule autorki skupią się na diagnozie ergonomicznej stanowiska pracy, rozumianego jako system realizujący określone funkcje i działający w określonym otoczeniu. Ten rodzaj diagnozy musi zatem dotyczyć (Wykowska, 1994):

- optymalnych warunków środowiska pracy człowieka, będącego słabszym i mniej odpornym elementem systemu;
- technicznego wyposażenia stanowiska pracy, czyli maszyn, narzędzi, urządzeń, przyrządów itp.;
- organizacji pracy na stanowisku.

Zadaniem diagnozy ergonomicznej stanowiska pracy jest zidentyfikowanie elementów systemu, relacji pomiędzy nimi oraz analiza i ocena, aby funkcjonowanie stanowisk podczas wykonywania określonych zadań przebiegało sprawnie, bez szkody dla człowieka oraz bez negatywnych zmian w otoczeniu.

Problemy ergonomicznej diagnozy stanowisk roboczych obejmują m.in. proces pracy, technologię, organizację, transport (tempo, obciążenia, monotonię, rotację, przerwy itp.); obciążenie psychiczne i fizyczne; ocenę zagrożenia życia i zdrowia; kształtowanie przestrzeni pracy; pozycję przy pracy; dokładność ruchów i algorytm czynności; podział funkcji między człony układu oraz rozwiązania techniczne mające wpływ na warunki środowiskowe (Górska, 2015).

W przypadku dokonywanej analizy i oceny na wybranym stanowisku pracy badany będzie poziom poprawności dostosowania wymiarów obiektów technicznych do cech antropometrycznych pracowników ze szczególnym uwzględnieniem kryteriów właściwego kształtowania przestrzennego stanowisk pracy. W związku z tym tylko te czynniki będą przedstawione i opisane w dalszej części artykułu.

3. Kształtowanie przestrzenne stanowisk pracy

Właściwe ukształtowanie struktury przestrzennej pracy według kryteriów antropometrycznych jest jednym z podstawowych celów ergonomii. W strukturze przestrzennej stanowiska pracy można wyróżnić punkty łączące człowieka z obiektem technicznym. Są to te elementy, z którymi człowiek ma kontakt wizualny albo dotykowy. Położenie owych punktów winno być zgodne z wymiarami populacji pracowników, gdyż ma decydujący wpływ na stopień komfortu lub uciążliwości oraz bezpieczeństwo pracy (Górska, Tytyk, 1998). Stąd też struktura przestrzenna stanowiska pracy powinna m.in. zapewnić wygodną oraz bezpieczną pracę dla 90% populacji użytkowników, dostosowaną do ich progowych cech wymiarowych (5 i 95 centyl); umożliwiać regulację niektórych parametrów przestrzennych stanowiska pracy do indywidualnych potrzeb i możliwości użytkowników; zapewnić swobodę ruchów oraz dobrą widoczność procesu pracy i otoczenia; zoptymalizować koszt biologiczny podczas wysiłku pracownika oraz uniemożliwić powstawanie zagrożeń szkodliwych dla zdrowia bądź wypadkowych.

Punktem wyjściowym podczas projektowania struktury przestrzennej stanowiska pracy oraz jego elementów składowych są wymiary antropometryczne użytkowników, a także ich granice zasięgów ruchu (Wykowska, 1994).

Podczas oceny ergonomicznego kształtowania przestrzeni pracy należy uwzględnić m.in. następujące czynniki: miary człowieka; strefy pracy rąk; wysokość pola pracy; limity zakresów kątowych dla poszczególnych części ciała; pole widzenia.

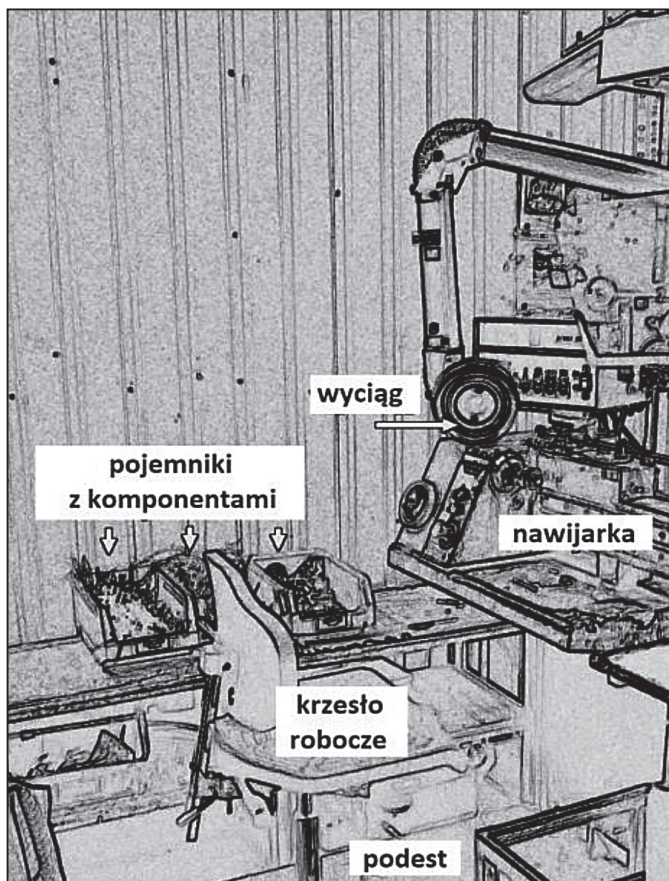
Równie ważne jest dokonanie oceny obciążenia posturalnego, które może wywoływać dolegliwości ze strony układu mięśniowo-szkieletowego. Do oceny obciążeń posturalnych wykorzystuje się między innymi takie metody, jak: OWAS, REBA lub RULA.

W części praktycznej artykułu wykorzystano metodę RULA, ponieważ jest ona jedną z najbardziej kompleksowych metod przy dokonywaniu oceny obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego. Dodatkowo metoda RULA jest rekomendowana przez Zakład Ubezpieczeń Społecznych oraz Państwową Inspekcję Pracy w praktyce korporacyjnej. Została ona rozwinięta na użytek ergonomicznej oceny stanowisk pracy, które mogą powodować dolegliwości bólowe lub schorzenia kończyn górnych (Polak-Sopińska, 2008).

4. Charakterystyka wybranego stanowiska pracy

Badania zostały zrealizowane na podstawie wybranego stanowiska montażowego w łódzkim przedsiębiorstwie produkcyjnym. Analizie poddano stanowisko nawijania cewek na linii produkującej trzy rodzaje przekładników prądowych (rysunek 1).

Przekładniki te różnią się specyfikacją użytkową, natomiast z punktu widzenia pracownika na danym stanowisku – średnicą nawijanego drutu i liczbą zwojów. Na linii produkcyjnej znajdują się dwa stanowiska nawijania uzwojeń cewki, przy których pracuje czterech pracowników w systemie dwuzmianowym. Stanowiska nawijania uzwojenia są tak samo wyposażone. Praca odbywa się w pozycji siedzącej, pracownicy to przeważnie kobiety. Większość operacji wykonuje się na nawijarce, będącej główną maszyną na tym stanowisku. Nawijarka pobiera drut ze szpuli, która jest ustawiona na podłodze za stanowiskiem. Na wyposażeniu znajdują się także: krzesło o regulowanej wysokości, podest, wyciąg, lutownica, nożyczki do obcinania taśmy izolacyjnej, półka na pojemniki z komponentami do montażu, zasobniki na korpusy i przewody wyprowadzeniowe (z podziałem na czarne i białe), podstawka na tacki, gdzie odkładane są cewki, pojemniki na elementy wadliwe i odpady produkcyjne (rysunek 1). Krzesło robocze zostało postawione na czterocentymetrowym drewnianym podeście, co miało na celu zniwelowanie różnicy wysokości pomiędzy podłogą a maszyną.



Rysunek 1. Stanowisko nawijania
(Figure 1. Winding position)

Źródło: opracowanie własne.

Czynności wykonywane na stanowisku nawijania:

1. **Przygotowanie** – pracownik, przygotowując stanowisko do pracy, ustawia lutownicę, topnik, nożyczki i pojemnik z koszulkami. Gumową rurkę tnie na kawałki o długości około 1 cm. Następnie przenosi taekę na cewki i kawałki zaizolowanego przewodu na stół bezpośrednio pod maszyną do nawijania. Ustawia odpowiednio oparcie krzesła i podnózek. Nakłada na kawałki przewodów kilka koszulek, przygotowuje odpowiednie kawałki taśmy klejącej.
2. **Właściwe** – rutynowy cykl rozpoczyna się pobraniem plastikowego korpusu z pojemnika ustawionego po lewej stronie pracownika. Korpus ten zakładany jest na bolec maszyny, zabezpieczany za pomocą metalowej podkładki i śruby. W kolejnym kroku odwijany jest z maszyny kawałek drutu, polerowany papierem ściernym, lutowany z krótkim przewodem (czarnym lub białym). Na połączenie naciągana jest koszulka, a drut

ułożony na korpusie mocowany jest do niego taśmą. Należy następnie owinać przewód wyprowadzeniowy wokół bolca, a sam bolec ręcznie obrócić kilkakrotnie wokół własnej osi celem owinięcia miedzianego drutu wokół korpusu. Po tym pracownik zasuwą osłonę i uruchamia maszynę nawijającą drut na korpus. Parametry, zgodnie z którymi odbywa się nawijanie, są ustawiane przez koordynatora zmiany. Po nawinięciu pracownik odsuwa zasłonę, przykleja drut do korpusu taśmą. Korpus jest zdejmowany z maszyny (po odkręceniu śrubki i zdjęciu płytki) i odkładany na tackę.

3. Pozostałe – do nierutynowych czynności pracownika należy zmienianie szpuli z drutem i cyny do lutowania, uzupełnianie pojemnika z korpusami, ustawianie parametrów nawijarki podczas zmiany rodzaju cewki.

Prace nad jedną cewką na stanowisku nawijania trwają średnio około 1,5–2,0 minuty. Podczas pracy maszyny (około 30 sekund na cewkę) pracownik tnie taśmę klejącą na kawałki, nakłada koszulki na przewody wyprowadzeniowe, docina kolejne koszulki z długiej żyłki. Szpule z miedzianym drutem pracownik pobiera z palety. Częstotliwość ich wymiany zależy od rodzaju szpuli: raz w trakcie zmiany są wymieniane szpule najcięższe (o masie 45 kg), 2–3 razy szpule o masie 18 kg, natomiast najlżejsze (11 kg) – 3–4 razy.

5. Analiza i ocena ergonomiczna wybranego stanowiska montażowego

Badania przeprowadzone na stanowisku nawijania cewki miały na celu analizę obciążeń posturalnych i ocenę pozycji przyjmowanych przez pracowników w trakcie wykonywania czynności roboczych, a także analizę i ocenę dostosowania tychże stanowisk do potrzeb antropometrycznych człowieka.

Badania rozpoczęto od obserwacji bezpośredniej oraz wywiadów z pracownikami. Obserwacje prowadzono przez dwa tygodnie, po 4–5 godzin dziennie, na obu zmianach roboczych. Na podstawie obserwacji bezpośrednich oraz wywiadów z pracownikami uzyskano szereg informacji dotyczących stanowiska pracy nawijarki. Informacje te zostały uporządkowane według zagadnień, których dotyczą, tj. organizacji pracy na stanowisku oraz wyposażenia stanowiska.

Organizacja pracy na stanowisku nawijania

Pracownice mogą swobodnie dobierać tempo pracy, unikając pośpiechu i stresu czasowego. Mają ze sobą kontakt wzrokowy i mogą się wzajemnie komunikować. Większość elementów na stanowisku pracy jest właściwie rozmieszczona. Skutkuje to brakiem pośpiechu w trakcie wykonywania czynności, lepszą jakością pracy, mniejszym rozdrażnieniem pracowników, brakiem konieczności przyjmowania wymuszonych pozycji (w skłonie, rozkroku, z rękami ponad głową), a także zmniejszeniem monotonii pracy.

Niestety na stanowisku nawijania występują również negatywne aspekty organizacji pracy, takie jak: brak możliwości zmiany pozycji pracy z siedzącej na stojącą; brak rotacji na stanowisku w ciągu dnia roboczego; umiejscowienie pojemników z komponentami z boku stanowiska; podczas wykonywania czynności istnieje konieczność chwytania małych przedmiotów; wymiana szpuli miedzianego drutu, ze względu na jej wagę, jest

czynnością uciążliwą, głównie w przypadku szpuli o masie 45 kg, gdy nie ma nikogo w pobliżu do pomocy.

Skutkuje to odczuwaniem przez pracownice bóli kręgosłupa, drętwieniem i bólami palców oraz bólami nadgarstków. Noszenie lub pchanie dużych ciężarów może być przyczyną urazów kręgosłupa. Występuje także znużenie wykonywaniem ciągle tych samych czynności w ciągu zmiany roboczej oraz przyjmowanie pozycji ze skrzyżnym tułowiem.

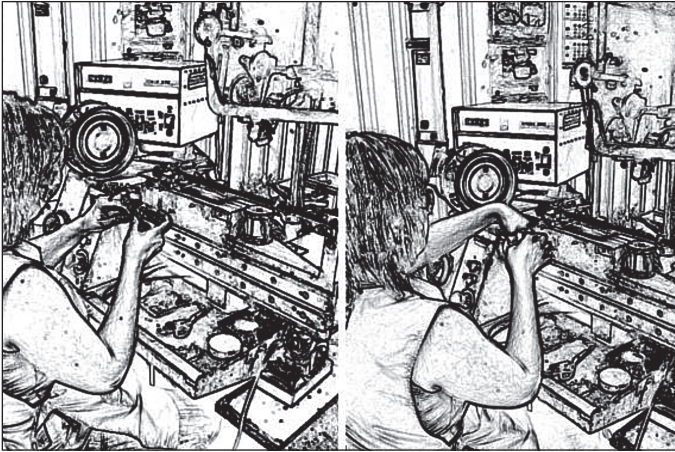
Wyposażenie stanowiska nawijania

Stanowisko pracy wyposażone jest w regulowane krzesło robocze z możliwością dostosowania go do indywidualnych potrzeb danego pracownika oraz podnózek pod stopy. Wysokość blatu stołu nawijarki zapewnia wystarczającą przestrzeń na nogi i kolana. Niestety na stanowisku pracy brakuje podpórek pod łokcie i przedramiona. Pojemniki nie są dostosowane do rodzaju komponentów produkcyjnych, na które są przeznaczone. Podest, na którym umiejscowione jest krzesło robocze, jest za krótki, co powoduje brak możliwości swobodnego odsunięcia krzesła bez ryzyka utraty równowagi. Pracownice skarżą się na występujące u nich bóle ramion i przedramion spowodowane wykonywaniem statycznej pracy mięśni tych partii ciała, polegającej na długim ich utrzymywaniu w górze podczas wykonywania czynności na bolcu nawijarki.

W kolejnym etapie badań dokonano analizy czynności wykonywanych na stanowisku nawijania metodą komputerową RULA. Ze względu na ilość wykonywanych operacji na stanowisku podzielono je na cztery grupy czynności celem dokonania ich oceny za pomocą programu RULA. Zdecydowana ich większość wykonywana jest na wysokości bolca nawijarki, dlatego też stanowią one grupę I. Grupa II to czynności sięgania do pojemników z komponentami do nawijania cewki, grupa III – odkładanie gotowych cewek na tackę ulokowaną na podstawie – oraz grupa IV to czynności pomocnicze, takie jak cięcie taśmy i nakładanie koszulek.

Grupa I

Na rysunku 2 zostały przedstawione przykładowe dwie pozycje przyjmowane przez pracownicę podczas wykonywania operacji na wysokości bolca nawijarki. Czynności z grupy I trwają najdłużej – około 1 minuty na każdy półtoraminutowy cykl produkcji jednej cewki. Wynik RULA dla czynności z grupy I wyniósł 5. Wysoki wynik RULA jest konsekwencją między innymi umiejscowienia bolca nawijarki na wysokości 22 cm od blatu stołu oraz w odległości 14 cm od jego krańca. Takie usytuowanie wymaga od pracownic uniesienia oraz odwiedzenia ramion i utrzymywania ich wraz z przedramionami pod dużym kątem. Dodatkowo wykonywanie operacji obwijania bolca przewodami wyprowadzeniowymi oraz nawijania miedzianego drutu powoduje wysokie skrócenie nadgarstka. Biorąc pod uwagę, iż na stanowisku wykonywana jest precyzyjna praca, obniżenie wysokości bolca mogłoby spowodować u pracownic głębokie pochylenie szyi i tułowia (nawet ponad 20°).



Rysunek 2. Pozycje ciała przyjmowane przez pracownicę podczas łączenia miedzianego drucika z przewodem wyprowadzeniowym oraz okręcania bolca nawijarki
(Figure 2. Body positions assumed by the employee during connecting a copper wire with a lead wire)

Źródło: opracowanie własne.

Grupa II

Czynność sięgania do każdego pojemnika teoretycznie powinna się odbywać średnio raz na 1,5–2,0 minuty, natomiast ze względu na fakt, że pracownice pobierają większą ilość elementów i układają je na blacie stołu, sięganie odbywa się znacznie rzadziej – średnio raz na 7–10 minut. Rysunek 3 przedstawia pozycję pracownicy stanowiska nawijania podczas sięgania po plastikowe korpusy do pojemnika.



Rysunek 3. Pozycja przyjmowana przez pracownicę podczas sięgania do pojemnika z komponentami
(Figure 3. The position assumed by the employee during reaching into the container with components)

Źródło: opracowanie własne.

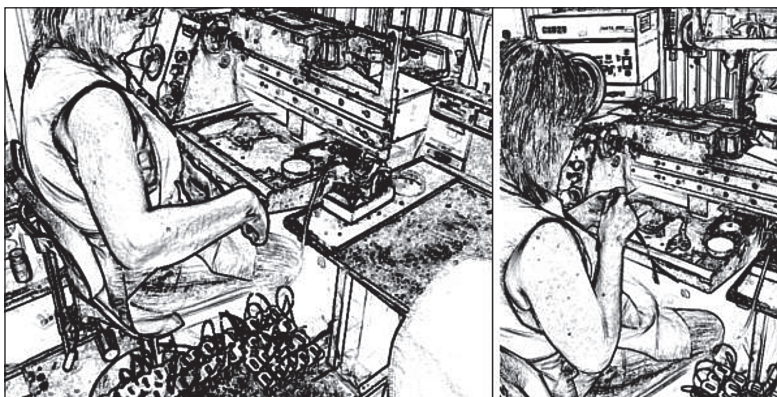
Wynik RULA dla grupy II wyniósł 4 dla obu rąk. Wynika to z faktu, iż pojemniki z komponentami umiejscowione są z boku stanowiska, poza granicą sfery pracy, oraz z dużych gabarytów tych pojemników w stosunku do rodzaju elementów, które się w nich znajdują. Sięganie do ostatniego pojemnika wymaga od pracownicy maksymalnego skręcenia szyi i tułowia. Krzesło na stanowisku jest obrotowe, jednakże nie ma wystarczającej przestrzeni na nogi przy próbie przyjmowania pozycji bez skrętu tułowia podczas sięgania do pojemników.

Grupa III

Odkładanie nawiniętych cewek na tacki znajdujące się po prawej stronie stanowiska odbywa się średnio raz na 1,5–2,0 minuty. Wynik RULA dla czynności grupy III wyniósł 4 dla lewej i prawej ręki. Wysoki wynik RULA spowodowany jest umiejscowieniem podstawy z tacką z boku, poza sferą pracy, co wymaga skrętu szyi i tułowia.

Grupa IV

Czynności z grupy IV trwają około 30 sekund w trakcie półtoraminutowego cyklu produkcji jednej cewki. Dla tej grupy czynności wynik RULA wyniósł 3. Czynności pomocnicze wykonywane są nad blatem stołu nawijania. Ze względu na precyzję ruchów oraz wielkość elementów pracownicy muszą wysoko unosić ramiona i przedramiona oraz pochylać szyję.



Rysunek 4. Pozycja przyjmowana przez pracownicę podczas cięcia taśmy klejącej oraz zakładania plastikowych przewodów na koszulki

(Figure 4. The position assumed by the employee during cutting the sellotape and putting plastic wires on sheath)

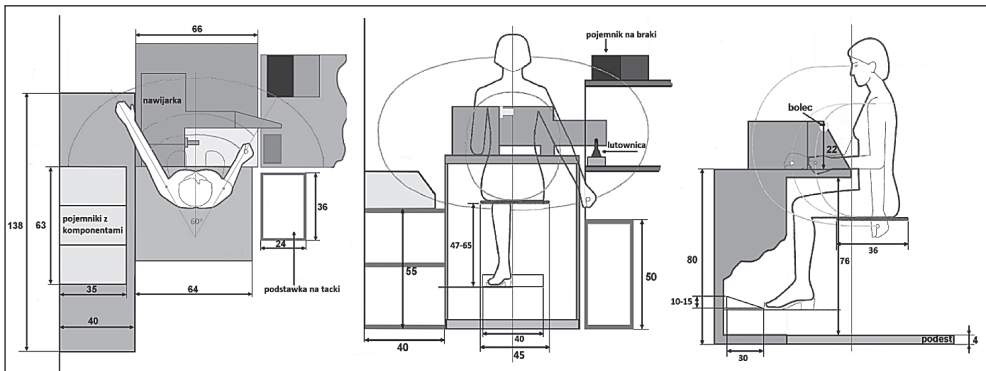
Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 1 zestawiono wyniki RULA poszczególnych elementów układu ruchu dla wszystkich grup. Porównując uzyskane wartości, można zauważyć, iż w każdej grupie najbardziej obciążone są nadgarstki, szyja oraz tułów.

W kolejnym etapie badań dokonano analizy antropometrycznej stanowiska nawijania. W tym celu wykonano rzuty (z góry, z przodu oraz z boku) stanowiska z wybranymi wymiarami. Trzy rzuty w odniesieniu do sfer pracy przedstawiono na rysunku 5. Zostały wykonane

w odpowiednich proporcjach i skali zgodnie z tablicami *Atlasu miar człowieka* wydanego przez CIOP (Giedliczka i in., 2001) dotyczącymi stref pracy w płaszczyznach poziomej, czołowej oraz strzałkowej dla 5. centyla kobiet populacji polskiej.

Stworzone rysunki pozwoliły potwierdzić wyniki RULA dla czynności z grupy II i III. Dla płaszczyzny poziomej tacka i pojemniki znajdują się poza strefą pracy rąk, co skutkuje skręceniem i pochYLENIEM tułowia i szyi pracownicy podczas sięgania do nich. Mimo że stanowisko wyposażone jest w krzesło obrotowe, nie ma wystarczającej ilości miejsca na nogi, aby móc uniknąć wspomnianych skrętów ciała. Pracownicy swobodę ruchów ogranicza budowa i wymiary półki na komponenty oraz podstawki na tacki.



Rysunek 5. Stanowiska nawijania – rzut z góry, rzut z przodu oraz rzut z boku
(Figure 5. Winding position – plan view, front view, side view)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Giedliczka i in., 2001.

Tabela 1. Zestawienie wyników RULA dla poszczególnych grup czynności
(Table 1. Record sheet of RULA for individual groups of activities)

Grupa czynności (Group of activities)	I	II	II	III	III	IV
Strona (Side)	Obydwie (Both)	Lewa (Left)	Prawa (Right)	Lewa (Left)	Prawa (Right)	Obydwie (Both)
Ramię (Arm)	3	2	1	2	2	2
Przedramię (Forearm)	2	2	1	1	2	2
Nadgarstek (Wrist)	4	3	2	2	3	3
Skręcenie nadgarstka (Wrist rotation)	1	1	1	1	1	1

Tablica A (Board A)	5	3	2	3	3	3
Użycie mięśni (Muscle use)	1	0	0	0	0	0
Obciążenie/siła (Burden/force)	0	0	0	0	0	0
Wynik A (Result A)	6	3	2	3	3	3
Szyja (Neck)	2	3	3	3	3	2
Tułów (Body)	2	3	3	3	3	2
Kończyny dolne (Lower limbs)	1	1	1	1	1	1
Tablica B (Board B)	2	4	4	4	4	2
Użycie mięśni (Muscle use)	1	0	0	0	0	0
Obciążenie/siła (Burden/force)	0	0	0	0	0	0
Wynik B (Result B)	3	4	4	4	4	2
Wynik RULA (Result RULA)	5	4	4	4	4	3

Źródło: opracowanie własne.

Grupa I uzyskała najwyższy wynik RULA równy 5. Ponieważ czynności wykonywanych na bolcu nawijarki jest najwięcej i trwają one najdłużej, postanowiono sprawdzić, czy wysokość bolca jest odpowiednia. W obliczeniach wykorzystano dane z tabeli 2.

Tabela 2. Wybrane dane antropometryczne w podziale na 5. i 95. centyl kobiet dla pozycji siedzącej
(Table 2. Selected anthropometric data in a deviation into the 5th and 95th centiles of women
for a sitting position)

Nazwa cechy (Name of the feature)		♀ 5 c (cm)	♀ 95 c (cm)
A	wysokość kyfozy piersiowej	40,8	49,9
B	wysokość łokciowa	19,0	24,0
C	wysokość podkolanowa od podstawy	36,3	43,1
C'	wysokość podkolanowa od podstawy z naddatkiem na obuwiu + 3 cm (EN ISO 14738:2009)	39,3	46,1
D	grubość uda	12,4	17,7
D'	udo w ubraniu z naddatkiem na ubranie + 2 cm (PN-EN 547-1+A1:2010)	14,4	19,7
E	wysokość barkowa	51,5	59,6
F	szerokość biodrowa	32,5	41,0
F'	szerokość biodrowa z naddatkiem na ubranie + 2 cm (PN-EN 547-1+A1:2010)	34,5	43,0
G	długość siedzeniowa	42,1	50,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie Giedliczka i in., 2001.

W pozycji siedzącej wysokość pola pracy przy pracy precyzyjnej optymalnie powinna znajdować się na wysokości kyfozy piersiowej (wielkość liniowa dla cechy $A + C$ + naddatek na obuwiu 3 cm = 96 cm), aby podczas montażu drobnych elementów uniknąć garbienia się lub pochylania tułowia powyżej 20°.

Wysokość stołu roboczego nawijarki uzależniona jest od parametrów maszyny, czyli od wysokości bolca, na którym pracownica wykonuje większość operacji. Wysokość bolca wynosi 22 cm od blatu stołu, a 98 cm od podestu. W tabeli 3 przedstawiono wyniki analizy antropometrycznej stanu obecnego dla populacji kobiet. W analizie kierowano się przyjętą w ergonomii zasadą miar ograniczonych, polegającą na operowaniu wartościami statystycznymi odpowiadającymi 5. i 95. centylowi.

Tabela 3. Wyniki analizy antropometrycznej stanowiska nawijania dla populacji kobiet
(Table 3. Results of anthropometric analysis of winding position for women)

Analizowany wymiar (Analised measurement)	Oznaczenie (Designation)	♀ 95 c (cm)	♀ 5 c (cm)
Wysokość kyfozy piersiowej w pozycji siedzącej z naddatkiem na obuwiu 95 c	$WKP = A + C + 3$	96	96
Całkowita wysokość bolca nawijarki od podestu	WBN	98	98
Wysokość bolca nawijarki od stołu	WN	22	22
Wysokość blatu stołu dla 95 c	$WS = WBN - WN$	76	76
Wysokość siedziska	$WK = WBN - A$	48,1	57,2
Przestrzeń na udo	$U = WS - WK$	27,9	18,8
Grubość blatu max	$GB = U - D' \text{♀ } 95$	8,2	-0,9
Wysokość podnóżka	$WP = WK - C'$	2	17,9

Źródło: opracowanie własne na podstawie Giedliczka i in., 2001.

Z wyliczeń przedstawionych w tabeli 3 wynika, że gdyby całkowita wysokość bolca nawijarki znajdowała się na wysokości kyfozy piersiowej ♀ 95 w pozycji siedzącej, to dla ♀ 95 niepotrzebny byłby podnóżek na stanowisku. Natomiast wartość GB dla kobiet, u których wysokość łokciowa jest mniejsza lub równa 19 cm, a grubość uda większa lub równa 17,7 cm, wskazuje, że nie będą one posiadały wystarczającej ilości miejsca na uda, stąd też blat powinien być jak najcieńszy. Pracownicy będą musiały dostosować wysokość krzesła, aby ich uda zmieściły się pod blatem. Obniżanie wysokości krzesła spowoduje podniesienie wysokości płaszczyzny roboczej. Ważne jest, aby wysokość ta przy tym rodzaju pracy nie przekraczała wysokości barkowej (ok. 10 cm wyżej niż kyfoza piersiowa – wielkość liniowa E w tabeli 3).

Kolejnym elementem podlegającym analizie jest krzesło obrotowe. Każde z krzeseł posiada regulację siedziska i oparcia. W tabeli 4 przedstawiono ocenę wymiarów krzesła.

Na stanowisku nawijania cewki stosowany jest również podnóżek o wymiarach szer. 40 cm, dł. 30 cm, wys. 10–15 cm. Zgodnie z wyliczeniami minimalna wysokość podnóżka dla ♀ 95 powinna wynosić 2 cm, a maksymalna dla ♀ 5 – 17,9 cm. Dlatego też ♀ 95 może odsunąć podnóżek oraz dostosować jego wysokość do własnych potrzeb użytkowych. Natomiast w przypadku ♀ 5 rzeczywista wysokość podnóżka jest za mała o 2,9 cm w stosunku do wysokości wymaganej. ♀ 5 nie będzie mogła stabilnie oprzeć stóp na podnóżku, ponieważ nie dosięgnie do niego.

Tabela 4. Ocena wymiarów krzesła
(Table 4. Assessment of chair dimensions)

Analizowana cecha krzesła (Analysed feature of the chair)	Pożądana wartość (Expected dimension) [cm]	Rzeczywista wartość (Actual dimension) [cm]
Minimalna wysokość siedziska	48,1 (zgodnie z tabelą 3)	47
Maksymalna wysokość siedziska	57,2 (zgodnie z tabelą 3)	65
Komentarz	Regulacja krzesła pozwala na prawidłowe dostosowanie wysokości	
Szerokość siedziska	Przy analizowaniu szerokości siedziska pod uwagę wzięto szerokość biodrową $\varnothing 95$ powiększoną o naddatek na odzież – $F' \varnothing 95$ (tabela 2) ≥ 43	45
Komentarz	Szerokość siedziska jest odpowiednia	
Głębokość siedziska	Przy analizowaniu głębokości siedziska pod uwagę wzięto długość siedzeniową $\varnothing 5$ ($G \varnothing 5$ – tabela 2). Jeżeli najmniejsza kobieta usiądzie wygodnie na całym siedzisku ze zgiętymi kolanami pod kątem prostym, to pozostali pracownicy (więksi) również nie będą mieli z tym problemu (dół podkolanowy nie będzie u nich blisko krawędzi siedziska). Krawędź siedziska może znajdować się w trzech czwartych tej odległości $< 42,1$	36
Komentarz	Głębokość siedziska jest odpowiednia	

Źródło: opracowanie własne na podstawie Giedliczka i in., 2001.

6. Propozycje zmian

Zidentyfikowano następujące nieprawidłowości na stanowisku nawijania cewki:

- brak możliwości zmiany pozycji pracy z siedzącej na stojącą;
- brak rotacji na stanowisku w ciągu dnia roboczego;
- brak regulacji wysokości pulpitu roboczego;
- elementy rozlokowane poza preferowaną strefą pracy;
- brak wystarczającej powierzchni na nogi podczas korzystania z krzesła obrotowego;
- brak podpórek pod łokieć, przedramiona;
- podest, na którym umiejscowione jest krzesło robocze, jest za krótki dla kobiet 5. centyla.

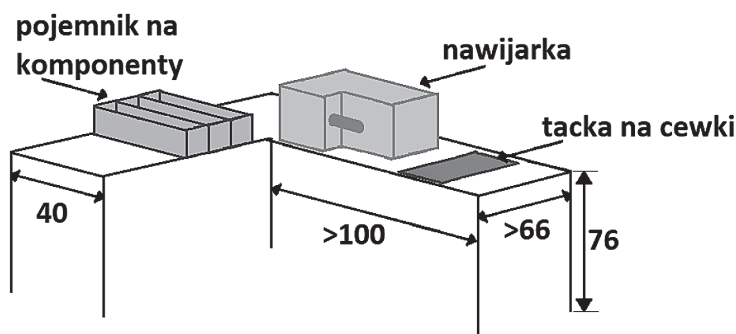
Opracowując projekt, należy zwrócić szczególną uwagę, aby zmiany, które mają poprawić warunki pracy w jednym obszarze, nie powodowały pogorszenia warunków w innym.

Poniżej przedstawiono propozycje zmian w celu wyeliminowania zidentyfikowanych nieprawidłowości na stanowisku nawijania cewki.

Aby umożliwić pracownikom przyjmowanie dogodnych pozycji ciała podczas wykonywania obowiązków, można zorganizować pracę w pozycji stojącej na jednym ze stanowisk nawijania. Takie rozwiązanie jednocześnie wyeliminuje problemy z brakiem wystarczającej ilości miejsca na uda pod blatem stołu w pozycji siedzącej oraz ze zbyt dużą wysokością pola pracy. Na rynku dostępne są stoły montażowe z manualną lub elektryczną regulacją wysokości, dzięki czemu każdy z pracowników może indywidualnie dostosować stół roboczy do swoich wymiarów antropometrycznych. Zaproponowane rozwiązanie pomoże zapobiegać przyjmowaniu przez pracownika nienaturalnych i wymuszonych pozycji podczas pracy.

Pozycja stojąca mogłaby zostać wprowadzona przy jednym ze stanowisk nawijania, wskazana byłaby również obowiązkowa rotacja pracowników podczas zmiany roboczej. Dodatkowo należałoby przeprowadzić szkolenie na temat schorzeń spowodowanych ciągłą pracą w pozycji siedzącej lub stojącej, korzyści płynących ze zmiany pozycji. Aby zwiększyć poczucie komfortu pracowników wykonujących pracę na stanowisku w pozycji stojącej, warto zastosować maty antyzmęczeniowe. Piankowe podłoże znacząco zmniejsza poczucie zmęczenia, wpływa na poprawę krążenia krwi oraz pracę mięśni łydek i stóp.

W celu umożliwienia pracownikom wykonującym pracę w pozycji siedzącej korzystania z krzesła obrotowego i ograniczenia skrętów tułowia podczas sięgania do pojemników z komponentami, na rysunku 6 zaproponowano bardziej dogodne rozlokowanie elementów na stanowisku nawijania.



Rysunek 6. Propozycja rozmieszczenia elementów stanowiska wraz z wymiarami
(Figure 6. The proposal for the position elements placement with dimensions)

Źródło: opracowanie własne.

Wysokość stołu oraz wysokość siedziska i podnóżka są zgodne z dokonaną analizą antropometryczną. Celowo nie zastosowano podłokietników, gdyż mogłyby one w znacznym stopniu ograniczyć swobodę wykonywania ruchów na stanowisku. Stół, na którym umieszczone są pojemniki na komponenty, powinien dodatkowo posiadać regulację kąta nachylenia blatu, aby ułatwić pracownikowi pobieranie z nich potrzebnych elementów.

W przypadku, gdy przedsiębiorstwo nie wprowadzi rozwiązania zaproponowanego na rysunku 6, będzie trzeba zakupić dłuższe podesty, których długość przestrzeni umożliwi swobodne odsuwanie i dosuwanie krzesła. Długość przestrzeni powinna wynosić 72 cm od krawędzi blatu stołu.

Niezbędna jest również profilaktyka utrzymywania komfortowych warunków pracy poprzez systematyczne szkolenia pracowników. Przyjmowanie nieprawidłowej pozycji wynika ze złych nawyków pracowników. Często nie mają oni świadomości znaczenia utrzymywania prawidłowej pozycji, jak również dostosowania elementów stanowiska pracy do swoich wymiarów antropometrycznych. Dlatego też tak ważne jest uświadamianie pracowników, iż dostosowanie miejsca pracy do ich indywidualnych potrzeb ma istotny wpływ na ich zdrowie i samopoczucie w miejscu pracy. Zaleca się robienie krótkich przerw na zmianę pozycji ciała oraz rozciąganie mięśni. Nawet codzienne pięciominutowe ćwiczenia rozciągające pozytywnie wpłyną na kondycję mięśni i stawów oraz ograniczą obciążenia postularne.

7. Podsumowanie

Przeprowadzona w przedsiębiorstwie produkcyjnym analiza i ocena wybranych czynników ergonomicznych na stanowisku nawijania miała na celu zidentyfikowanie występujących na nim nieprawidłowości i uciążliwości dla pracowników. W badaniach wykorzystano następujące metody i narzędzia badawcze: obserwację bezpośrednią, wywiady z pracownikami, analizę komputerową metodą RULA oraz analizę antropometryczną.

Za pomocą metody RULA dokonano analizy i oceny pozycji przyjmowanych przez pracownice na stanowisku nawijania cewki. Następnie skupiono się na dostosowaniu stanowiska do wymiarów antropometrycznych pracowników (w tym m.in. rozmieszczeniu komponentów, konstrukcji i wymiarach maszyny, blatu roboczego, krzesła obrotowego oraz podnóżka). Na podstawie wyników badań zaproponowano rozwiązania mające na celu wyeliminowanie bądź zmniejszenie częstotliwości występowania nieprawidłowości i uciążliwości wynikających z nieergonomicznych zachowań lub wyposażenia. Zapewnienie komfortowych warunków pracy przyczyni się do wzrostu poziomu efektywności pracowników.

Bibliografia

- Giedliczka, A. i in. (2001). *Atlas miar człowieka: dane do projektowania i oceny ergonomicznej*. Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy. ISBN 8388703382.
- Górska, E. (2015). *Ergonomia: projektowanie, diagnoza, eksperymenty*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. ISBN 9788378144779.
- Górska, E., Tytyk, E. (1998). *Ergonomia w projektowaniu stanowisk pracy: podstawy teoretyczne*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. ISBN 8372070105.
- Lubaś, P. (2010). *Diagnoza ergonomicznych czynników ryzyka* [online, dostęp: 2018-04-28]. Szczecin: Państwowa Inspekcja Pracy. Okręgowa Inspektorat w Szczecinie. Dostępny w Internecie: <https://szczecin.pip.gov.pl/pl/f/v/6351/Diagnoza%20ergonomicznych%20czynnikow%20ryzyka.pdf>.
- Polak-Sopińska, A. (2008). Analiza i ocena możliwości wykorzystania metod RULA i REBA w praktycznej ocenie stanowisk pracy – wady i ograniczenia metod. W: R. Pałuch (red.). *Obciążenie układu ruchu: przyczyny i skutki* (s. 109–124). Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. ISBN 9788374934220.
- Wykowska, M. (1994). *Ergonomia*. Kraków: Wydawnictwa AGH. ISBN 9788374641470.

Ergonomic analysis of the assembly workplace

Abstract: The article analyzes the workplace of the coil winding in ergonomic terms, and more precisely mainly in the adjustment of the workplace to the anthropometric needs of employees. In order to identify the inconveniences appearing on it, a number of studies were carried out. These research are based, among others, on direct observation and conversations with employees. The risk of

musculoskeletal disorders has been assessed. They are resulted from the adopted position using the RULA method. The geometrical dimensions of the work station were also compared with anthropometric measurements of human. In the further part of the article solutions were proposed whose aim was to eliminate imperfections and inconveniences identified during the research at the workplace.

Key words: ergonomic analysis, RULA, spatial shaping workplaces, workload
