

Realizacja badań

**mających na celu opracowanie optymalnego systemu transportu
międzystanowiskowego w ramach projektu**

**„Opracowanie optymalnej, zautomatyzowanej technologii
umożliwiającej realizację zleceń wykonania małych partii lub
pojedynczych egzemplarzy odzieży dedykowanej pod indywidualne
zamówienia użytkownika końcowego”**

PODSUMOWANIE.

Opracowano na podstawie materiałów i wyników badań zgromadzonych przez:

- 1) Krystiana Mazurka,**
- 2) Magdalenę Łagoda,**
- 3) Małgorzatę Krzysztoń,**
- 4) Paweł Dmitruk,**
- 5) Łukasz Zając.**

Spis treści

1. Zapoznanie się z systemem transportu międzystanowiskowego wykorzystywanego w firmie.	- str. 3
2. Rozwiązania poprawiające sprawność transportu międzystanowiskowego	- str. 4
3. Monitorowanie przepływu elementów odzieży niezbędne do organizacji transportu międzystanowiskowego.	- str. 5
4. Badanie monitorowania przepływu elementów odzieży za pomocą kodów kreskowych i czytników.	- str. 6
5. Badanie monitorowania przepływu elementów odzieży za pomocą czujników położenia	- str. 10
6. Badanie monitorowania przepływu elementów odzieży oznakowanych etykietami z tagami RFID.	- str. 14
7. Sposób definicji punktów krytycznych oraz warunków granicznych dla automatycznego transportu międzystanowiskowego.	- str. 18
8. Organizacja transportu międzystanowiskowego	- str. 20
9. Opracowanie optymalnego rozmieszczenia stanowisk roboczych w celu zastosowania transportu podwieszanego.	- str. 22
10. Analiza metod transportu realizowanego za pomocą autonomicznych robotów mobilnych poruszających się na kołach po posadzce hali produkcyjnej.	- str. 24
11. Wybór najbardziej optymalnego dla Beneficjenta transportu realizowanego za pomocą autonomicznych robotów mobilnych.	- str. 30

1. Zapoznanie się z systemem transportu międzystanowiskowego wykorzystywanego w firmie.

Przed rozpoczęciem badań w zakresie automatycznego transportu międzystanowiskowego gruntownie zapoznano się z procesem produkcji odzieży w firmie Beneficjenta ze szczególnym uwzględnieniem wszelkich problemów i bolączek dotyczących transportu zaopatrzenia do poszczególnych stanowisk roboczych i transportu półproduktów pomiędzy tymi stanowiskami usytuowanymi na hali produkcyjnej lub pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami produkcyjnymi.

Obecnie stosowany w firmie transport ręczny i za pomocą wózków napędzanymi siłą mięśni ludzkich jest mało efektywny i kosztowny, gdyż:

- a) transport ręczny pomimo bardzo dużej elastyczności ma wiele wad, gdyż umożliwia przenoszenie tylko niewielkiej liczby elementów, półproduktów pomiędzy poszczególnymi stanowiskami roboczymi i jest czasochłonny. Ponadto wymaga on zaangażowania osób, które ten transport realizują i są to na ogół pracownicy poszczególnych stanowisk roboczych, którzy półprodukty do obróbki na swoim stanowisku przynoszą sobie ze stanowiska, które taką obróbkę już zakończyło. W ten sposób traci się cenny czas, który można by było wykorzystać na samą produkcję, co wpływa na małą wydajność produkcji. W celu wyeliminowania tej wady należałoby zatrudnić nowych pracowników, którzy zajmowałiby się tylko przenoszeniem półproduktów do produkcji, jednakże spowodowałoby to wzrost kosztów produkcji,
- b) transport za pomocą wózków poruszanych przez pracowników (pchanych lub ciągnionych) jest lepszy od transportu ręcznego, gdyż umożliwia transport większej liczby komponentów, półproduktów przy zachowaniu dużej elastyczności, jednakże wymaga on zorganizowania takiego układu stanowisk roboczych by była możliwość dotarcia wózkiem do wszystkich tych stanowisk. Ponadto wózki muszą posiadać odpowiednie wymiary i kształt, by mogły one przewozić maksymalną liczbę elementów do danego stanowiska roboczego (w postaci pakietu lub w stanie zawieszonym). Niestety i ten rodzaj transportu wymaga nie tylko zaangażowania odrębnych osób do ich poruszania lub odrywania pracowników od ich stanowisk roboczych, ale także zapewnienia odpowiedniej szerokości korytarzy transportowych oraz miejsc dojazdowych do poszczególnych stanowisk roboczych, co zdecydowanie ogranicza przestrzeń produkcyjną, a tym samym miejsce na posadowienie maszyn i automatów szwalniczych.

W przypadku stosowania takiego rodzaju transportu na jego sprawność i funkcjonalność duży wpływ ma czynnik ludzki. Pracownicy realizujący transport popełniają błędy, wielokrotnie zaobserwowano przypadki, że na konkretne stanowisko robocze trafiły niewłaściwe elementy odzieży, co wymagało poszukiwania właściwych; półprodukty trafiały z opóźnieniem, co powodowało przestoje; półprodukty trafiały na stanowisko, na którym w danej chwili nie było pracownika; ewentualnie docierały półprodukty w nadmiernej ilości, co utrudniało pracę stanowiska itp.

Obecny system transportu oceniono jako przestarzały i nieefektywny, od którego należy jak najszybciej odejść, gdyż obniża wydajność produkcji oraz zdecydowanie podwyższa jej koszty, co wpływa na to, że produkty Beneficjenta nie mogą być konkurencyjne w stosunku do innych tego samego typu dostępnych na rynku.

W związku z powyższym koniecznością stało się znalezienie takich rozwiązań, które wyeliminują błędy ludzkie, poprawią i przyspieszą zaopatrzenie stanowisk roboczych w niezbędne półprodukty do produkcji odzieży i zmniejszą lub zupełnie wyeliminują pracę fizyczną.

2. Rozwiązania poprawiające sprawność transportu międzystanowiskowego.

Ze względu na niską efektywność stosowanego przez Beneficjenta transportu zaproponowano wprowadzenie półautomatycznego lub całkowicie automatycznego transportu międzystanowiskowego w zależności od możliwości finansowych i technicznych Beneficjenta. Byłby on powiązany bezpośrednio z systemem zarządzania produkcją poprzez system logowania pracowników sterowany odpowiednią aplikacją zainstalowaną na serwerze, która za pośrednictwem sieci LAN lub Wi-Fi miałaby kontakt ze wszystkimi stanowiskami roboczymi i na podstawie uzyskanych danych z tych stanowisk sterowałaby dostawą odpowiedniego zaopatrzenia do danego stanowiska roboczego oraz odbiorem półproduktu z tego stanowiska i dostarczeniu go do następnego zgodnie z procesem produkcji.

W związku z powyższym rozważano zastosowanie następujących rodzaje transportu:

- a) transport rolkowy/taśmowy – jego zastosowanie wymagałoby odrębnych prac polegających na takiej organizacji produkcji i rozmieszczeniu stanowisk roboczych i przebiegu systemu transportowego, aby jego niewielka elastyczność nie stanowiła przeszkody w dotarciu do maksymalnej ilości operatorów – dość duży koszt prac przygotowawczych, natomiast wymaga niewielkiego udziału pracowników. Pozwala na przenoszenie zarówno niewielkich, jak i większych ilości komponentów bez obciążania fizycznego pracowników. Wadą jest konieczność zastosowania krótkich odcinków toru, aby poruszająca się w jednym miejscu taśma/rolki nie powodowały zakłóceń na innym odcinku pasa transportowego. Ponadto brak jest możliwości przenoszenia elementów odzieży w stanie rozwieszonym, co zupełnie eliminuje możliwość stosowania go w firmie Beneficjenta,
- b) transport podwieszany – z uwagi na brak konieczności korzystania z podłoża rozważano możliwość zastosowania transportu podwieszanego. Wymaga to przeanalizowanie organizacji produkcji, rozmieszczenie stanowisk roboczych, rodzaj napędu (siłą mięśni ludzkich, napęd rolkowy, taśmowy, łańcuchowy itp.), wydajność przenoszenia (określić należy optymalną masę koszy/wieszaków transportowych w odniesieniu do możliwego obciążenia konstrukcji nośnej). Taki rodzaj transportu umożliwiałby przenoszenie pojedynczych sztuk/komponentów, zapewniając łatwość logowania komponentów w systemie zarządzania produkcją (dzięki czemu ułatwione jest monitorowanie produkcji i wydajności), taki transport eliminuje konieczność wyjmowania/wkładania dużych ilości sztuk,
- c) transport za pomocą autonomicznych robotów mobilnych – koszt wdrożenia takiego transportu jest dość duży i wiąże się on przede wszystkim z zakupem autonomicznych robotów jezdnych, natomiast potrzebny jest minimalny poziom zaangażowania pracowników. System jest bardzo elastyczny, nie powoduje blokady ciągów komunikacyjnych. Praca i położenie poszczególnych wózków mogą być na bieżąco kontrolowane i analizowane przez system produkcyjny – do jego sprawnego działania można wykorzystać systemem zarządzania produkcją. Brak konieczności tworzenia instalacji – możliwość nawigowania bezprzewodowego (poprzez WiFi). W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracowników oraz maszyn zbadać należy możliwość zastosowania np. czujników optycznych/fotokomórek do unikania przeszkód.

Na podstawie powyższych rozważań postanowiono wykonać szczegółowe pomiary rozmieszczenia stanowisk roboczych, ciągów komunikacyjnych w celu doboru odpowiedniego rodzaju transportu oraz przeprowadzić dalsze badania w kierunku ustalenia źródeł potencjalnych problemów, możliwości jak najlepszej integracji z systemem zarządzania procesem produkcyjnym oraz jak największej elastyczności w celu zapewnienia efektywności pracy z niewielkimi seriami produkcyjnymi oraz pojedynczymi wyrobami.

3. Monitorowanie przepływu elementów odzieży niezbędne do organizacji transportu międzystanowiskowego.

Automatyczny transport międzystanowiskowy w swej konstrukcji i idei działania powinien być niezawodny, elastyczny i bezbłędny, a przy tym precyzyjnym w dostarczaniu półproduktów.

Między innymi od niego zależy przyspieszenie procesu produkcji, czy elementy odzieży są dostarczone do poszczególnych stanowisk roboczych na określony czas i w określonych ilościach, czyli bezpośrednio wpływa na wydajność produkcji. W związku z tym musi być on zsynchronizowany z całym procesem produkcyjnym poprzez system zarządzania produkcją.

Z transportem międzystanowiskowym nierozdzielnie jest związany system monitorowania przepływu elementów odzieży w procesie produkcyjnym oraz ich obróbki na stanowiskach roboczych, gdyż dostarcza on niezbędne dane do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania systemu transportu. Pozwala on odpowiednio zorganizować transport półproduktów.

System monitoringu umożliwia logowanie poszczególnych sztuk odzieży na konkretnych stanowiskach roboczych, a także logowanie się pracowników na tych stanowiskach. Aby taki system zbudować na serwerze Beneficjenta stworzono bazę danych niezbędnych do monitorowania procesu produkcji dotyczących: każdego stanowiska roboczego, pracowników, wykonywanych czynności, produkowanych modeli, kontrahentów współpracujących z Beneficjentem, nagłówek i pozycji zamówień, egzemplarzy produktów, historii wykonanych operacji itp..

Dodatkowo opracowano oprogramowanie do kontroli procesu produkcji, którego głównym zadaniem jest rejestrowanie wszystkich podłączonych terminali stanowiskowych, przysyłanie na terminale danych zapisanych w bazie danych oraz rejestracja operacji wykonywanych na terminalach – program fKM Serwer (nazwa pliku: fKMServ.exe) – program jako usługa systemowa, do której za pomocą protokołu TCP podłączają się urządzenia (terminale stanowiskowe).

Dzięki systemowi monitorowania przepływu elementów odzieży w procesie produkcyjnym na bieżąco widać, na którym stanowisku roboczym znajduje się dany element odzieży i jak długo trwa wykonanie konkretnej czynności w procesie technologicznym na tym stanowisku. Widząc, że czas wykonywania czynności jest długi od razu można stwierdzić, że jest to tzw. „wąskie gardło”, które można łatwo zlikwidować dublując to stanowisko pracy, dzięki czemu efektywność produkcyjna zakładu się poprawia.

Oczywiście, aby zdublować takie stanowisko, należy jednocześnie zapewnić transport półproduktów na nowe stanowisko wspomagające daną czynność. Dlatego też konieczny jest transport wewnętrzny, który spełni ten warunek. Należy również podkreślić, że praktycznie każda zmiana produkowanego modelu odzieży wymaga częściowej zmiany stanowisk pracy. W związku z tym transport międzystanowiskowy powinien mieć możliwość szybkiej, łatwej i najlepiej bezkosztowej adaptacji do takich zmian.

Na początku postanowiono opracować optymalny system monitorowania elementów odzieży w procesie produkcyjnym, o to od niego zależy niezawodne działania automatycznego transportu międzystanowiskowego.

4. Badanie monitorowania przepływu elementów odzieży za pomocą kodów kreskowych i czytników.

W pierwszej kolejności postanowiono opracować i przetestować system monitorowania elementów odzieży w procesie produkcyjnym oparty na kodach kreskowych umieszczanych na poszczególnych elementach odzieży i odczytywanych za pomocą czytnika kodów na danym stanowisku.

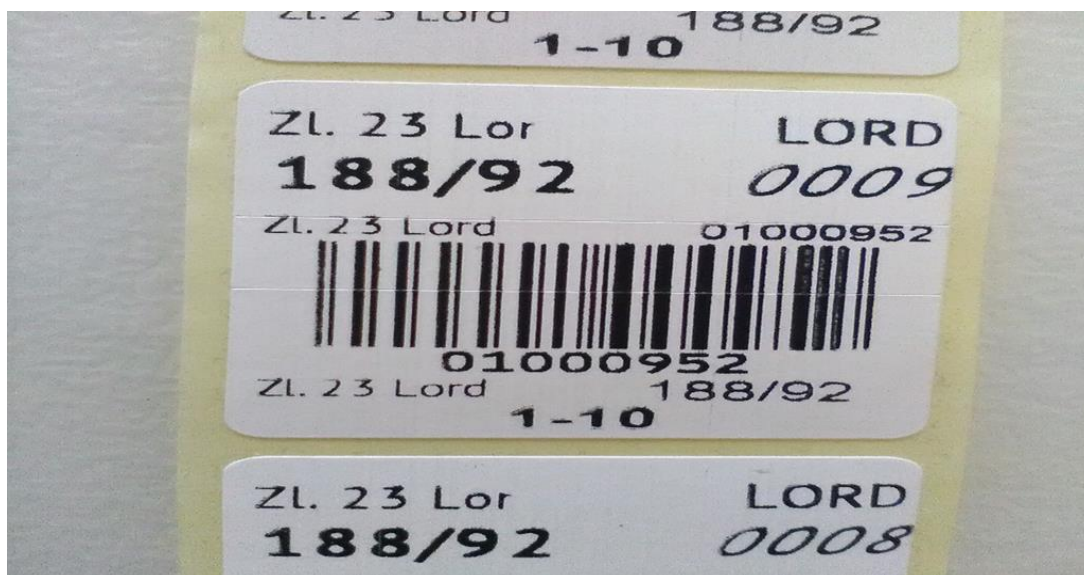
Aby to zrealizować na początku należało opracować program pozwalający na generowanie kodów egzemplarzowych dla danego zlecenia. Cały proces wygląda następująco. Z programu WA-PRO WF-Mag wybiera się zlecenie, dla którego chce się wygenerować kody egzemplarzowe, a następnie należy wykonać operację generowania kodów. Otwiera się aplikacja, która bezpośrednio po jej uruchomieniu sprawdza, czy dla danego zlecenia zostały wygenerowane kody egzemplarzowe do każdej pozycji. Następnie operator może zdecydować jaki rodzaj kodów egzemplarzowych dla danego zlecenia chce wykonać, tzn.:

- 1) czy chce tylko wygenerować kody egzemplarzowe wg konfiguracji,
- 2) czy chce wydrukować kody na drukarce etykiet,
- 3) czy chce wyeksportować kody egzemplarzowe powiązane z danym zleceniem do pliku tekstowego.

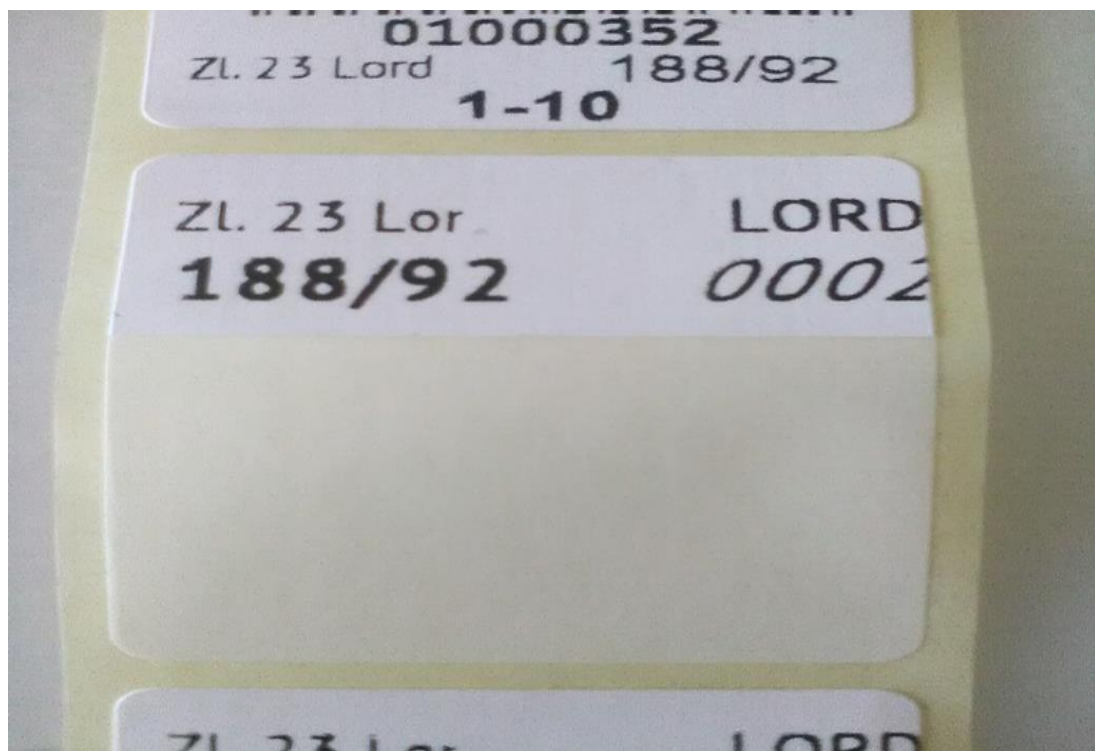
Każdą operację można wykonać niezależnie od siebie lub też przeprowadzić cały proces automatycznie w następującej kolejności:

- generowanie,
- wydruk,
- eksport do pliku.

Drukowane są etykiety o wymiarach: 32x40 mm. Przystawia ją poniższe zdjęcie:



Jest ona trójdzielna, tzn. rozdziela się ją na 3 części (po zadrukowaniu przez pewien okres funkcjonuje jako całość). Później każda z tych części jest przyklejana w innym miejscu i każda powinna zawierać dane konkretnego egzemplarza. Z programu automatycznie są wstawiane na etykietę wszystkie dane (nazwa, rozmiar, nr zamówienia - prefix, numer egzemplarza).



Część pierwsza etykiety.



Część druga etykiety.



Część trzecia etykiety.

Kod kreskowy zawiera prefix (pierwsze 4 cyfry), numer egzemplarzowy funkcjonujący jako numer seryjny (ostatnie 4 cyfry). Środkowe 4 cyfry można sobie przyporządkowywać zależnie od potrzeb (kolor, rozmiar, itp.). Powinny więc mieć możliwość ustalenia, czy będzie to numer stały, czy zmienny. Jeśli nie będzie on używany, to pola zostaną uzupełnione zerami.

Do wyboru jest opcja generowania numeru kontrolnego na końcu kodu kreskowego oraz opcja czy cyfry w kodzie kreskowym są nad kodem lub pod kodem.

Etykiet z danego pakietu drukuje się tyle, ile jest sztuk w pakiecie.

W związku z opracowaniem programu do nadawania kodów egzemplarzowych powiązanych bezpośrednio z oprogramowaniem magazynowym i umożliwiającym druk etykiet zawierających wszystkie niezbędne dane konkretnego zamówienia (nazwa, rozmiar, nr zamówienia - prefix, numer egzemplarza) uwidocznione między innymi w postaci kodu kreskowego, przetestowano ten sposób znakowania elementów odzieży do identyfikacji jej przepływu podczas faktycznego procesu produkcyjnego. Badania miały na celu udzielenie odpowiedzi na pytania, czy za pomocą takiego oznakowania uda się zidentyfikować dany element odzieży i czy uda się ustalić na jakim etapie produkcji znajduje się on w danej chwili.

W tym celu na każdym elemencie odzieży lub pakiecie z elementami odzieży z danej partii produkcyjnej umieszczono etykietę zawierającą kod kreskowy zawierający dane o tej partii, a poszczególne stanowiska robocze wyposażono w czytniki kodów kreskowych podłączone do programu współpracującego z tymi czytnikami.

Wszystkich pracowników zobowiązano do skanowania kodów kreskowych zawartych na elementach obrabianej odzieży przez rozpoczęciem obróbki tego elementu (pakietu) na danym stanowisku. Zakończenie procesu obróbki tego elementu następowało automatycznie poprzez zeskanowanie kodu kreskowego następnego elementu poddanego obróbce.

Każdy pracownik miał obowiązek po otrzymaniu do obróbki danego elementu (pakietu) odzieży do

odszukania etykiety z naniesionym kodem kreskowym, zeskanowania go czytnikiem kodów kresowych i wykonania czynności obróbkowej przypisanej do danego stanowiska roboczego.



Skanowanie kodu kreskowego.

Skanowanie kodu kreskowego z elementu (pakietu) odzieży miało na celu określenie czasu, w którym dany element odzieży przybył na konkretne stanowisko robocze, a skanowanie następnego elementu obrabianego kończyło obróbkę tego elementu. Dzięki temu można określić czas jego obróbki na tym stanowisku, a tym samym wydajności danego pracownika. Dane przesłane do programu kadrowo – płacowego pozwalały naliczyć płace danemu pracownikowi oraz określić efektywność jego czasu pracy.

Jednocześnie synchronizacja z programem zarządzania produkcją pozwoliła na wykrycie tzw. „wąskich gardeł” w produkcji konkretnego zlecenia produkcyjnego na konkretnych stanowiskach pracy. W celu ich usunięcia zaczęto dublować te stanowiska w celu przyspieszenia produkcji zlecenia.

Zmierzono czasy wykonywania poszczególnych czynności:

- czas na odszukanie kodu kreskowego na elemencie odzieży – 5 s,
- czas skanowania kodu kreskowego – 3 s,
- ręczne wpisywanie danych do terminala ze względu na brak możliwości odczytu kodu kreskowego – 13 s.

Podczas prób wystąpiły następujące problemy ze skanowaniem kodów kreskowych:

- konieczność powtórzenia skanowania kodu – 2 etykiety na 10 etykiet,
- brak możliwości zeskanowania kodu (ze względu na niewyraźny wydruk) – 1 etykieta na 15 etykiet.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że testowany system daje możliwość bieżącej identyfikacji

danego elementu odzieży w procesie produkcyjnym – pozwala określić na którym stanowisku roboczym przebywa dany element w danym momencie, ile czasu trwa jego obróbka na poszczególnych stanowiskach roboczych, umożliwia eliminację zastoju w produkcji poprzez dublowanie mało wydajnych stanowisk roboczych.

Jednakże po wnikliwej analizie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że testowany system mimo oczywistych korzyści, ma także wady, a mianowicie jego stosowanie przyczynia się do spowolnienia produkcji, gdyż na każdym stanowisku roboczym pracownik musi poświęcić czas na wczytanie kodu kreskowego potwierdzającego przybycie elementu odzieży na dane stanowisko. Ten czas się wydłuża w związku z odszukiwaniem etykiety z kodem kreskowym na elemencie odzieży. Wielokrotnie się zdarzało, że kodu nie udało się odczytać za pierwszym razem i trzeba go było kilka razy skanować by dał się odczytać. Były również przypadki, że kodu w ogóle nie udawało się odczytać ze względu na złą jakość wydrukowanego kodu kreskowego, wtedy, aby dana sztuka nie „zginęła” w trakcie produkcji, należało wszystkie dane wpisać ręcznie, co zdecydowanie wydłużyło całą procedurę identyfikacji danego elementu odzieży.

W związku z zaistniałymi mankamentami tego systemu postanowiono opracować system identyfikacji elementu odzieży w trakcie procesu produkcyjnego, który zupełnie eliminowałby wady systemu związanego ze skanowaniem kodów kreskowych.

Najbardziej optymalnym systemem byłby taki system, który identyfikowałby elementy odzieży w trakcie procesu produkcyjnego bez żadnego angażowania w ten proces pracowników, tj. poprzez zastosowanie systemu wykorzystującego fale radiowe do przesyłania danych z etykiety naniesionej na element (pakiet) odzieży i odczytywania informacji przez czytnik w celu identyfikacji tego elementu.

Taki system w zależności od konstrukcji umożliwia odczyt etykiet z odległości do kilkudziesięciu centymetrów lub nawet kilku metrów od anteny czytnika i odbywa się to bez żadnego zaangażowania pracownika. Jednocześnie zaproponowany system odczytu umożliwia identyfikację wielu etykiet znajdujących się jednocześnie w polu odczytu.

5. Badanie monitorowania przepływu elementów odzieży za pomocą czujników położenia.

W związku z koniecznością opracowania systemu identyfikacji i monitoringu elementów odzieży w trakcie procesu produkcyjnego bez angażowania w to pracowników postanowiono wykorzystać w tym celu fale radiowe, za pomocą których byłyby przesyłane informacje pomiędzy czujnikiem położenia umieszczonym na danym elemencie (pakiecie) odzieży, a odbiornikami tych fal.

Zbudowano system, który pozwala na lokalizację w czasie rzeczywistym danego elementu (pakietu) odzieży, umożliwia szybkie i precyzyjne określenie jego położenia nie tylko w stosunku do stanowisk roboczych, ale również w stosunku do całej hali produkcyjnej.

Zastosowano system składający się z anten umieszczonych na ścianach hali produkcyjnej (w rogach hali) pozwalające na odbiór fal radiowych wysyłanych przez poszczególne czujniki położenia. Na poszczególnych stanowiskach roboczych umieszczono stacjonarne czujniki przypisane odpowiednio tym stanowiskom, natomiast do elementów (pakietów) odzieży zamocowano czujniki mobilne przemieszczające się wraz z tymi elementami (pakietami) odzieży.



Czujniki lokalizacyjne.

Anteny pozwalają na zlokalizowanie konkretnego czujnika zamocowanego do danego elementu (pakietu) odzieży lub do konkretnego stanowiska roboczego. Dane z anten za pomocą routera WiFi są przekazywane do laptopa z zainstalowanym odpowiednim oprogramowaniem, na którym na bieżąco można śledzić położenie danego czujnika, a tym samym położenie danego elementu (pakietu) odzieży nie tylko w stosunku do poszczególnych stanowisk roboczych, ale również jego położenie w odniesieniu do ścian hali produkcyjnej.



Jedna z zamontowanych na hali produkcyjnej anten odbiorczych.

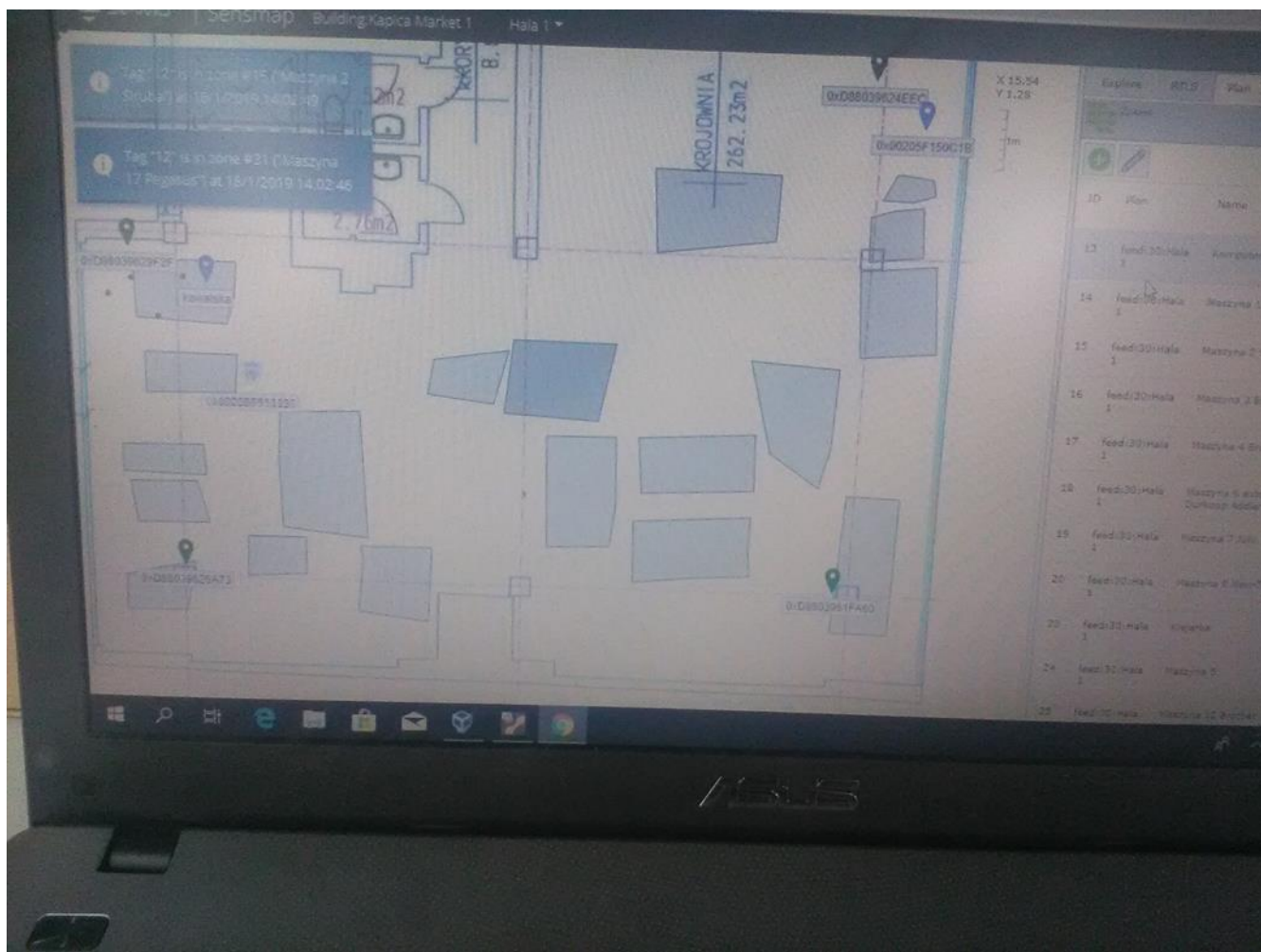


Ruter do zbierania sygnałów z anten odbiorczych.

Dzięki zainstalowanemu systemowi na bieżąco widać na którym stanowisku roboczym znajduje się dany element odzieży i jak długo, określając w ten sposób czas wykonania konkretnej czynności w procesie technologicznym na tym stanowisku. Można takie dane przesyłać do programu kadrowo – płacowego naliczającego płace danemu pracownikowi oraz określić efektywność jego czasu pracy. Sama świadomość pracownika, że jego czas pracy jest stale monitorowany i ma to bezpośredni wpływ na jego zarobki powoduje, że zaczyna on pracować bardziej wydajnie z korzyścią dla firmy.

Obserwując na panelu sterowania zagęszczenie czujników przy konkretnym stanowisku roboczym od razu widać, że jest to tzw. „wąskie gardło”, które można łatwo zlikwidować dublując to stanowisko pracy, dzięki czemu efektywność produkcyjna zakładu się poprawia.

System umożliwia analizę jak się przemieszczają poszczególne czujniki położenia, a tym samym konkretne elementy (pakiety) odzieży, a tym samym można przeanalizować, czy przemieszczają się one zgodnie z planem, czy też są jakieś zaburzenia w procesie produkcji.



Widok rozmieszczenia stanowisk roboczych i wózków transportowych na hali produkcyjnej.

Podsumowując opracowany system śledzenia przepływu elementów obrabianej odzieży jednoznacznie widać, że w zupełności spełnia on pokładane w nim oczekiwania, tzn. w bardzo dokładny sposób pozwala monitorować drogę danego elementu odzieży w procesie produkcji i w żaden sposób nie absorbuje on czasu pracownikom poszczególnych stanowisk pracy, czyli nie spowalnia ich pracy, co powodował wcześniejszy system ze skanowaniem kodów kreskowych z etykiet umieszczonych na odzieży.

Jednakże przeprowadzone badania wykazały, że przedmiotowy system ma również poważne wady do których zalicza się:

- 1) czujniki umocowane do elementów odzieży mają zbyt duże gabaryty i są dość ciężkie, co powoduje nieraz ich odpadanie od tych elementów (w trakcie prób odpadły 3 czujniki na 15 szt. obrabianych elementów odzieży), trudność z ich zamocowaniem do tych elementów w szczególności, gdy te elementy są małe, ponadto czujniki niekiedy utrudniają obróbkę tych elementów,
- 2) czujniki umocowane do elementów odzieży mają własne źródło energii, aby mogły wysyłać fale radiowe, dlatego też co pewien czas należy je doładować (po 12 godzinach ich pracy), co pochłania zarówno czas jak i energię elektryczną (stwierdzono niezbędny czas do ich naładowania 4 - 5 godzinę, czas na wymianę baterii wynosi średnio 3 minuty), żywotność takich baterii jest ograniczona i wtedy należy je wymienić, co dodatkowo generuje koszty,
- 3) przy zbyt dużej ilości elementów obrabianej odzieży, a tym samym przy dużym zagęszczeniu czujników system nie jest w stanie odczytać informacji przesyłanych z tych czujników, a tym samym ich rozpoznać – stwierdzono to przy 2 stanowiskach roboczych,

- 4) w systemie należy na bieżąco wprowadzić dane informujące o tym, który czujnik odpowiada jakiemu elementowi odzieży w ramach którego zamówienia, co wymaga czasu. Podczas badań stwierdzono, że na wprowadzenie danych o danym elemencie odzieży lub pakiecie potrzeba około 20 s. Wymusza to zatrudnienie jednej osoby do wykonywania tych czynności.

Przeprowadzone badania wykazały, że przedmiotowy system sprawdza się przy zbiorczych opakowaniach elementów odzieży, np. pakietach przemieszczanych w pojemnikach, koszach, na wózkach, natomiast nie nadaje się do stosowania na pojedynczych sztukach poszczególnych elementów odzieży, co jest koniecznej w końcowej fazie produkcji.

W związku z tym podjęto badania mające na celu zastosowanie systemu monitorowania przepływu elementów odzieży opartego na falach radiowych, który umożliwiłby zastosowanie bardzo małych i lekkich czujników, łatwych do zamocowania do obrabianych elementów odzieży, których elektroniczne układy byłyby zasilane przez zewnętrzne fale radiowe pod wpływem których czujnik wysyłałby swoje dane odczytywane przez odpowiednie czytniki. Sam fakt braku konieczności posiadania własnego źródła energii przyczynił się do zdecydowanego zmniejszenia rozmiarów i wagi czujników. Zdecydowało to o tym, że w tym zakresie należy prowadzić dalsze badania.

6. Badanie monitorowania przepływu elementów odzieży oznakowanych etykietami z tagami RFID.

Wcześniej przeprowadzone badania metod monitorowania polegających na:

- 1) skanowaniu kodów kreskowych umieszczonych na elementach obrabianej odzieży przed rozpoczęciem obróbki danego elementu na danym stanowisku,
- 2) wykorzystaniu fal radiowych wysyłanych przez czujniki położenia umieszczone na poszczególnych wózkach transportowych, na których przemieszczane pakiety elementów odzieży lub na poszczególnych elementach odzieży i odczytywaniu ich przez anteny lokalizacyjne,

nie sprawdziły się. Posiadały one wiele wad, które zdecydowały o tym, że tych metod nie da się zastosować w firmie Beneficjenta.

Głównym powodem zarzucenia tych metod były dość duże gabaryty sprzętu oraz ich zawodność. W przypadku skanowania kodów kreskowych nie bez znaczenia było także absorbowanie czasu pracownika na skanowaniu kodów zamiast wykorzystać go tylko i wyłącznie na wykonywanie czynności związanych z produkcją.

Dlatego też przeprowadzono badania nowej metody monitorowania przepływu elementów odzieży w procesie produkcyjnym oznakowanych za pomocą etykiet z tagami RFID HF w częstotliwości 13,56 MHz oraz logowaniem się pracowników na stanowiskach roboczych.

Po przeanalizowaniu wyników poprzednich badań nad monitorowaniem przepływu elementów odzieży w procesie produkcyjnym i wyciągnięciu właściwych wniosków postanowiono podjąć prace nad efektywniejszym, tańszym i oszczędniejszym pod względem zużywanej energii elektrycznej rozwiązaniem.

Podjęto badania polegające na identyfikacji każdej sztuki produktu za pomocą etykiet z tagami RFID HF wykorzystujących częstotliwości radiowe 13,56 MHz. Tagi w postaci etykiet samoprzylepnych były naklejane na dany element odzieży.

Do drukowania tagów NFC (RFID 13,56 MHz) wykorzystano drukarkę CL4NX firmy SATO.



Drukarka SATO CL4NX do etykiet wraz z programowaniem tagów NFC



Etykieta z kodem kreskowym i tagiem RFID HF.

Do odczytywania tagów zastosowano terminal stanowiskowy, którego podstawą jest mikrokomputer Raspberry Pi. Umożliwiło to oprócz odczytywania tagów i logowania się pracowników na stanowiskach pracy za pomocą kart pracowniczych, także jego dodatkowe funkcje jak m.in. umożliwienie pracownikowi podglądu pomocy dotyczącej wykonywanej czynności w postaci schematów, opisów jak wykonywać daną czynność i krótkich filmów.



Zdjęcie zbudowanego terminala.

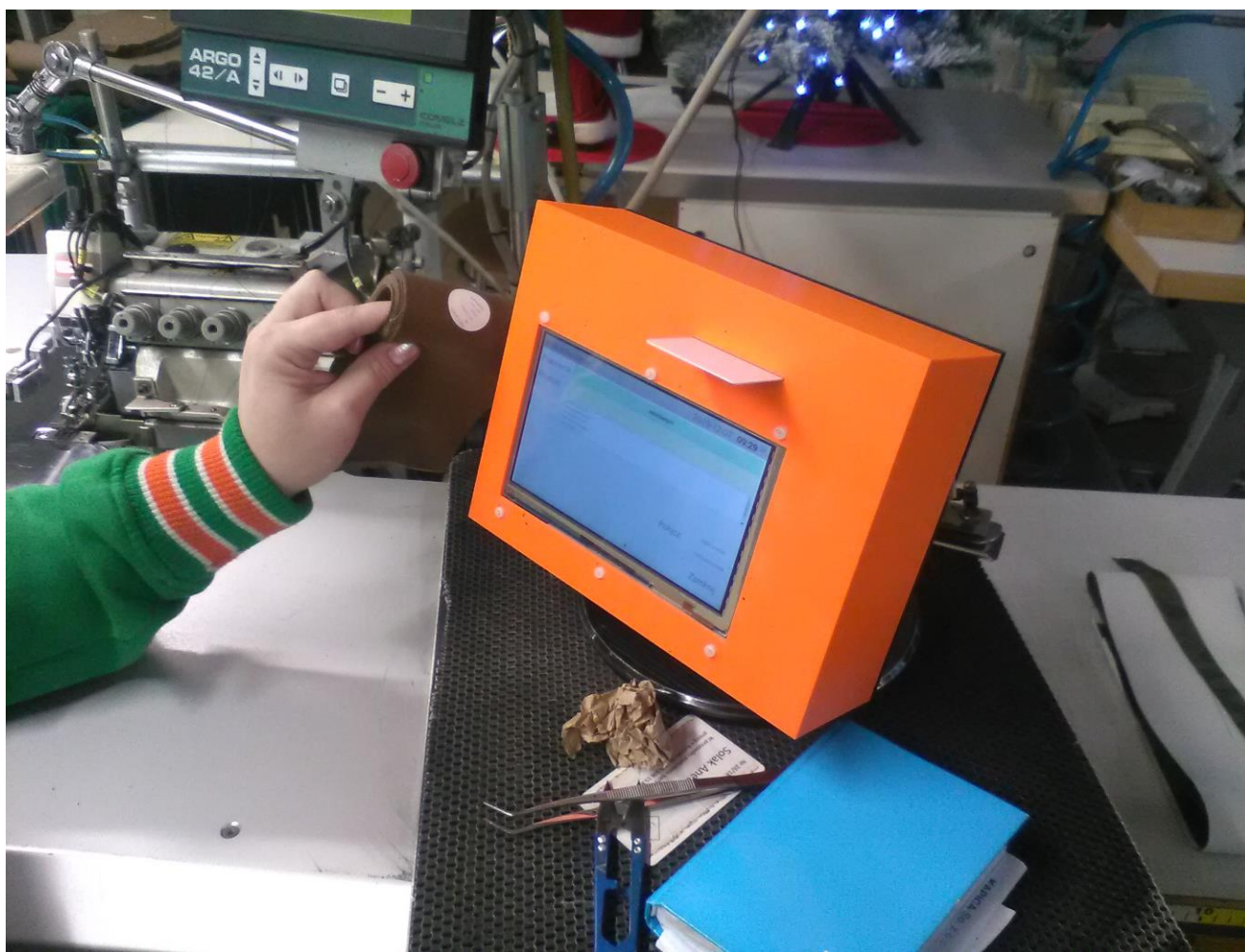
Zastosowano wyświetlacz dotykowy 7”, który stwarza możliwość wyświetlania wielu wiadomości istotnych dla pracowników podczas produkcji, zastosowano rozbudowaną klawiaturę dotykową zlokalizowaną na wyświetlaczu.

Przed uruchomieniem urządzenia należy włączyć aplikację serwera. Następnie uruchamiamy aplikację urządzenia, które uruchamia się i łączy się z siecią Wi – Fi. Na wyświetlaczu pojawia się komunikat „Połączono z serwerem” oraz data i godzina.

Urządzenie pobiera informacje z serwera. Na wyświetlaczu widzimy pobrane czynności, które są zdefiniowane. Czynnościom są przypisane odpowiednie liczby, np. 1 – obszywanie kieszeni, 2 – szycie nogawek, 3 – prasowanie itp. Pracownik wybiera odpowiednie czynności.

Na wyświetlaczu urządzenia pojawia się komunikat „Zaloguj pracownika”. W tym celu do czytnika RFID 125 kHz urządzenia wkładamy kartę pracownika, którą posiadają wszyscy pracownicy produkcyjni w firmie. Po zalogowaniu na wyświetlaczu pojawia się komunikat w kolorze zielonym, że zalogowano pracownika.

Dopiero teraz można czytać etykietę produktu NFC programowaną na drukarce SATO i znajdującą się na elemencie, który zostanie poddany obróbce na danym stanowisku. W tym celu do czytnika NFC należy zbliżyć element z naklejoną etykietą zawierającą tag NFC zawierający stosowne dane produktu. Na terminalu wyświetli się numer seryjny produktu. To samo można odczytać na serwerze.



Sczytywanie danych z taga umieszczonego na elementach odzieży.

Na wyświetlaczu pojawia się informacja, że produkt został sprawdzony, np. może być informacja, że są to spodnie 120/60. Dopiero po sczytaniu etykiety można zacząć obróbkę danego elementu. Po jej zakończeniu odstawiamy obrobiony element i odczytujemy tag z następnego elementu. Odczytanie danych z następnego elementu jednocześnie kończy czas obróbki elementu poprzedniego. Taki sam jest tok postępowania ze wszystkimi obrabianym elementami odzieży.

Po wyjęciu karty pracownika z RFID urządzenie się wyloguje. Na wyświetlaczu pojawi się informacja w kolorze czerwonym, że urządzenie zostało wylogowane. Po wylogowaniu pracownika urządzenie nie czyta etykiety produktu i praca urządzenia nie jest możliwa. Wylogowanie trwa z opóźnieniem 1,5 s, bo karta logowania jest sprawdzana co 0,5 s. Dopiero gdy 3 próba się nie powiedzie, to wtedy pojawia się informacja „nie zalogowany”. Natomiast logowanie trwa krócej, bo 0,5 s. Nie ma to jednak większego znaczenia, bo pracownik i tak na 1,5 s nigdzie nie wyjdzie.

Po wylogowaniu się pracownika kończy swoją pracę również obrabiany element.

Dane pozyskane w wyniku logowania się pracowników na swoich stanowiskach roboczych i monitoringu produktów wykorzystywane są w oprogramowaniu księgowo – płacowym WAPRO używanym w firmie oraz do organizacji automatycznego transportu międzystanowiskowego w ramach systemu zarządzania produkcją.

Dzięki systemowi monitorowania przepływu elementów odzieży w procesie produkcyjnym ma się pełną wiedzę o procesie produkcyjnym łącznie z zaopatrzeniem w niezbędne materiały oraz pełen obraz wydajności produkcji, wydajności poszczególnych pracowników, co przyczynia się do między innymi do wyliczania ich wynagrodzeń.

Aby taki system monitoringu mógł działać stworzono system dającego możliwość zarządzania kontrolą produkcji i niezawodnego bieżącego monitorowania przepływu elementów odzieży w trakcie trwania procesu produkcyjnego. Pozwala on na definiowanie stanowisk, pracowników, modeli, czynności oraz egzemplarzy, a także na bieżąco pokazuje wykonywane na produkcji czynności na podstawie danych przekazywanych przez urządzenia przy stanowiskach (terminale stanowiskowe), można obserwować na jakim etapie procesu technologicznego znajduje się poszczególny element lub egzemplarz odzieży, czy proces ten działa bez zakłóceń, czy też pojawiły się jakieś problemy w czasie produkcji, np. awaria maszyny, zakłócenia w transporcie międzystanowiskowym itp. - program fKM Menadżer (nazwa pliku: fKMMen.exe) – aplikacja do zarządzania kontrolą produkcji.

Podsumowując wyniki wszystkich badań przemysłowych w zakresie metod znakowania materiału w procesie produkcji można z całą odpowiedzialnością stwierdzić, że opracowany prototyp systemu informatycznego do logowania się pracowników na swoich stanowiskach roboczych i śledzenia przepływu produktów w procesie produkcyjnym jest najbardziej optymalnym systemem dla Przedsiębiorstwa Produkcyjno-Handlowego „KAPICA MARKET” Florian Kapica, gdyż spełnia wszystkie oczekiwania w nim pokładane. Jest on niezbędnym elementem w systemie zarządzania produkcją oraz konieczny do właściwej organizacji transportu międzystanowiskowego.

7. Sposób definicji punktów krytycznych oraz warunków granicznych dla automatycznego transportu międzystanowiskowego.

Automatyczny transport międzystanowiskowy musi być niezawodny, bo od niego zależy czy w produkcji nie ma przestojów, czy elementy odzieży są dostarczone do poszczególnych stanowisk roboczych na określony czas i w określonych ilościach, czyli bezpośrednio wpływa on na wydajność produkcji. W związku z tym musi być on zsynchronizowany z całym procesem produkcyjnym poprzez system zarządzania produkcją.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyodrębniono następujące punkty krytyczne i warunki graniczne dla automatycznego transportu międzystanowiskowego:

1) logowanie pracownika do systemu zarządzania produkcją,

Stanowisko robocze, na którym pracownik jest niezalogowany do systemu zarządzania produkcją nie jest obsługiwane przez transport automatyczny. Na danym stanowisku można podjąć pracę dopiero po włożeniu karty pracownika do czytnika terminala stanowiskowego, wtedy system zarządzania produkcją identyfikuje to stanowisko i może być ono użytkowane i obsługiwane przez transport wewnętrzny. Po wyjęciu karty pracownika z terminala stanowiskowego pracownik zostaje wylogowany, a dane stanowisko wyłączone z systemu.

Czas wylogowywania się z systemu nie powinien być dłuższy niż 2 s, natomiast czas jego logowania po włożeniu karty pracownika nie powinien przekraczać 1 s.

2) logowanie półproduktu na stanowisku roboczym,

Tylko półprodukt zalogowany na danym stanowisku roboczym będzie dalej obsługiwany przez transport międzystanowiskowy i dostarczony do następnego w kolejności technologicznej stanowiska roboczego. Logowanie produktu na danym stanowisku roboczym powinno być bezbłędne i zabierać pracownikowi jak najmniej czasu, a jego wylogowywanie powinno być automatyczne wraz z logowaniem na tym stanowisku następnego półproduktu.

Czas logowania półproduktu nie powinien przekroczyć 1 s.

3) relokacja maszyn,

Transport międzystanowiskowy powinien być bardzo elastyczny, aby zupełnie wyeliminować relokację maszyn i by można go było w łatwy, tani i szybki sposób dostosować do nowych wymagań produkcyjnych, które występują w przypadku produkcji nowego modelu odzieży związanego ze zmianą procesu technologicznego, a tym samym ze zmianą kolejności stanowisk roboczych. Eliminuje się wtedy zmianę rozmieszczenia stanowisk roboczych oraz dostawy mediów do maszyn i automatów szwalniczych na tych stanowiskach (energia elektryczna, sprężone powietrze, para wodna itp.).

Dopuszczalny czas dostosowania transportu do wymogów nowej produkcji wynosi 60 s na jedną maszynę/automat.

4) bezpieczeństwo pracowników,

Transport międzystanowiskowy powinien być realizowany w taki sposób, aby pracownicy mieli zapewnione bezpieczeństwo zarówno na stanowiskach roboczych jak i podczas poruszania się po hali produkcyjnej. W przypadku zlokalizowania przeszkody na swojej drodze powinien się zatrzymać lub jeżeli jest to możliwe tę przeszkodę wyminąć.

Dopuszczalny czas na zatrzymanie transportu po wykryciu przeszkody wynosi 1 s.

5) dostarczanie elementów odzieży do obróbki,

Powinien być zapewniony transport elementów odzieży w początkowym etapie produkcji w pojemnikach zawierających paczki z wykrojonymi elementami odzieży oraz na wysięgniku, do którego zawieszono obrabiane elementy odzieży, co ma miejsce w dalszym procesie produkcji odzieży.

Dopuszczalny czas na dostarczenie elementów odzieży od stanowisko do stanowiska wynosi 10 s.

6) błędy ludzkie, wady technologiczne lub wady materiałowe,

Transport międzystanowiskowy powinien zapewnić możliwość naprawy błędu ludzkiego, wad technologicznych lub materiałowych poprzez zwrot źle wykonanego elementu odzieży do stanowiska roboczego, na którym ten błąd powstał, przy czym powinno się to odbyć bez zakłócenia całego procesu produkcyjnego.

Dopuszczalny czas na dostarczenie źle wykonanego elementu odzieży do stanowiska roboczego, na którym ten błąd powstał wynosi 10 s.

7) przepływ informacji i danych pomiędzy systemem zarządzania produkcją a urządzeniami realizującymi transport międzystanowiskowy.

Musi być zapewniony przepływ informacji i danych pomiędzy systemem zarządzania produkcją a urządzeniami realizującymi transport międzystanowiskowy polegający na możliwości modyfikacji transportu elementów odzieży do poszczególnych stanowisk roboczych w przypadku zmiany ich kolejności, dodania nowych stanowisk lub ich zmniejszania. Dodatkowo urządzenia realizujące transport muszą mieć możliwość przesyłania informacji w przypadku ich awarii, braku zasilania, napotkania przeszkody lub innych utrudnień, które wystąpiły podczas transportu.

Dopuszczalny czas na przesłanie informacji od chwili jej wysłania wynosi 1 s.

8. Organizacja transportu międzystanowiskowego.

W wyniku prowadzonych prac dokonano podziału procesu produkcyjnego na dwie fazy wytwarzania. Pierwszy etap, obejmujący obróbkę w paczkach, wymaga zastosowania takiego rodzaju transportu, który może zrealizowany przez planowany do wdrożenia system transportu podwieszanego.

Istotnym czynnikiem uzasadniającym wykonywanie operacji na pakietach jest to, iż część maszyn wykorzystywanych w tej fazie produkcji jest wyposażona w automatyczne sztaplery – funkcja ta umożliwia automatyczne odbieranie elementów po wykonaniu operacji szycia, co znacznie poprawia wydajność pracy.

Planowany do wdrożenia system transportu podwieszanego w górnej części hali produkcyjnej, przebiegającego przez całą długość hali należało zatem tak zmodyfikować, aby jego przenośniki przystosowane tylko do przenoszenia pojedynczych sztuk elementów odzieży zaadaptować do przenoszenia pakietów odzieży. Dzięki temu nie będzie konieczności budowania osobnego systemu transportu tylko dla samych pakietów. Takie rozwiązanie pozwoli na wykorzystanie proponowanego transportu podwieszanego zarówno do przenoszenia pojedynczych egzemplarzy pomiędzy stanowiskami, jak i do transportu pakietów z elementami do zszywania.

Na etapie rozważań nad rodzajem transportera do pakietów odzieży oraz materiału, z którego miałyby być wykonane, określono jego istotne cechy:

- lekkość,
- czas i koszt wykonania,
- pojemność,
- łatwość mocowania,
- łatwość przenoszenia ręcznego w przypadku takiej konieczności,
- bezpieczeństwo dla operatorów i maszyn,
- elastyczność, rozumiana jako możliwość przenoszenia zarówno niewielkich, jak i większych pakietów.

W dalszej kolejności rozważono następujące rodzaje przenośnika:

- transporter – półka, wykonany z metalu lub tworzywa sztucznego,
- transporter – kosz/pojemnik lub pudełko, wykonane z metalu lub tworzywa sztucznego,
- transporter – torba, wykonany z tkaniny.

Biorąc pod uwagę założone właściwości transportera, odrzucono dwa pierwsze rozwiązania. Wykonanie przenośnika z tworzywa sztucznego lub metalu powoduje znaczne zwiększenie obciążenia podwieszanego systemu transportowego, stwarza również zagrożenie powstania obrażeń u operatorów. Koszt wykonania również jest znaczny z uwagi na ceny materiałów, zaś ręczne przenoszenie metalowego lub plastikowego transportera jest utrudnione. Rozwiązanie w postaci półki odrzucono ponadto ze względu na możliwość zsuwania się pakietów w czasie transportu.

Opracowano zatem projekt transportera w postaci torby, zawieszanej na wieszakach umożliwiających załadunek pojedynczych sztuk. Rozwiązanie takie spełnia założone wymagania, ponadto jego wykonanie jest możliwe we własnym zakresie przez Beneficjenta – dodatkową zaletą jest możliwość szybkiej naprawy lub uszycia nowych transporterów w przypadku wystąpienia ich uszkodzeń. Wykonano zatem prototyp takiego transportera (torby) i przeprowadzono testy pozwalające na określenie mocnych i słabych stron takiego rozwiązania. Uzyskane rezultaty pozwalały na zastosowanie torby do przenoszenia pakietów po odpowiednich modyfikacjach wymiarów i przy określonym sposobie jej mocowania.



Zdjęcia opracowanej torby do transportu pakietów odzieży.

Wykonane prace pozwoliły na rozwiązanie problemu transportu pakietów obrabianych w pierwszym etapie produkcji przy wykorzystaniu systemu transportu podwieszanego. Określono maksymalne wymiary transportera zgodnie z wynikami testów na: szerokość maksymalnie 400 mm, głębokość maksymalnie 300 mm. Wysokość całkowita to 940 mm.

9. Opracowanie optymalnego rozmieszczenia stanowisk roboczych w celu zastosowania transportu podwieszanego.

The diagram shows the floor plan of Floor 2, which is a long, narrow rectangular space. The layout is organized into several rows of workstations. Each workstation is represented by a green icon of a computer monitor and keyboard. The workstations are arranged in a grid-like pattern, with some rows having more workstations than others. The plan includes various dimensions in meters (m) and feet (ft), such as 3.40m, 1.50m, 1.75m, 1.20m, 1.00m, 1.09m, 1.75m, 1.90m, 2.80m, 1.90m, 1.20m, 2.55m, 3.75m, and 3.50m. There are also labels for 'EXISTING FRAME' and 'ELEVATOR'. A side view of the workstations is shown at the bottom left, labeled 'WORKSTATIONS - SIDE VIEW', showing the height of the workstations and the distance between them. The plan also shows a staircase and a door leading to Floor 3.

Production type: Men's trousers
Line height: 2550 mm
Number of stations: 44

22

W celu ustalenia czasochłonności produkcji, przebiegu procesu oraz wykorzystywanych maszyn podczas produkcji różnych modeli wraz ze specjalistą ds. badania systemu zarządzania całym procesem produkcyjnym wykonywano zestawienia czynności oraz pomiary czasów dla modeli będących w produkcji. Produkcja krótkich serii lub pojedynczych egzemplarzy charakteryzuje się dużą zmiennością wykonywanych operacji i wykorzystywanych do nich maszyn i urządzeń (stanowisk obróbczych). Niektóre czynności są standardowe i przeprowadzane w mniej więcej podobnym momencie procesu produkcyjnego, inne zaś wymagają przemieszczania pomiędzy stanowiskami w sposób odmienny od poprzedniej partii.

Wykonywanie małych partii lub pojedynczych egzemplarzy odzieży wymaga zastosowania szeregu różnych maszyn w zróżnicowanej kolejności i konfiguracji. W celu optymalizacji przebiegu procesu produkcyjnego oraz skrócenia czasu przenoszenia elementów pomiędzy poszczególnymi stanowiskami, rozważono możliwość każdorazowego reorganizowania ustawienia maszyn i urządzeń tak, aby jak najlepiej wykorzystać przestrzeń produkcyjną.

Opracowano zatem wstępną propozycję rozmieszczenia stanowisk roboczych tak, aby zapewnić jak największą ciągłość przemieszczania poszczególnych elementów odzieży i półproduktów pomiędzy stanowiskami i ograniczyć do minimum konieczność przestawiania maszyn. Rekomendowane rozwiązanie wymaga wykonania systemu transportu międzystanowiskowego przebiegającego w górnej strefie hali – system podwieszany poziomy. Zaletami jego zastosowania są:

- optymalne wykorzystanie kubatury istniejących pomieszczeń, gdyż eliminuje on konieczność wykorzystania podłoża do niezbędnego minimum,
- eliminacja kolizji transportu elementów/półproduktów z przemieszczaniem się pracowników,
- minimalizuje konieczność angażowania pracowników do operacji przemieszczania półproduktów pomiędzy stanowiskami,
- możliwość integracji z systemem zarządzania procesem produkcyjnym w zakresie monitorowania drogi półproduktów, wydajności pracowników itp.

Przeprowadzono badania przemysłowe mające na celu zbadanie jak długo trwa każdorazowe przemieszczanie stanowisk roboczych tak, aby dopasować ich ustawienie do przebiegu procesu produkcyjnego danego wzoru odzieży. Badań dokonano przy przestawianiu maszyn niezbędnych do wykonania 10 różnych wzorów odzieży.

Średnie wyniki badań przedstawiają się następująco:

- czas odłączania maszyny od mediów - 35 min
- czas przemieszczania maszyny na docelowe stanowisko – 120 min
- czas ponownego podłączenia maszyny do instalacji - 30 min
- czas pomiaru skuteczności zerowania - 15 min
- ilość pracowników zaangażowanych w operację reorganizacji stanowisk – 2 osoby
- przy wykonaniu 10 różnych wzorów odzieży niezbędne jest przestawienie co najmniej 21 maszyn.
- czas przemieszczenia się operatora pomiędzy stanowiskami, ustawienie maszyny do pracy - 15 min.

Wykonane badania obrazują uciążliwość wynikającą z reorganizacji większości stanowisk roboczych na potrzeby zmiennej produkcji. Przesunięcie każdej maszyny wymaga odłączenia jej od zasilania, instalacji sprężonego powietrza i vacuum, przestawienie maszyny, podłączenie na nowo koniecznych mediów oraz wykonanie pomiarów skuteczności zerowania. Do tych czynności niezbędne jest zaangażowanie co najmniej dwóch pracowników, których produktywność zostaje

zamrożona. Dodać należy też zagrożenie powstania uszkodzeń podczas transportu i manipulowania maszynami.

Z wykonanych prac wynika wniosek, iż optymalnym rozwiązaniem jest przemieszczanie się operatorów pomiędzy stanowiskami. Rozwiązanie polegające na każdorazowym przemieszczaniu stanowisk roboczych tak, aby dopasować ich ustawienie do przebiegu procesu produkcyjnego jest nieefektywne, zatem proponuje się opracowanie optymalnego, w miarę stałego rozkładu poszczególnych maszyn i urządzeń (dostosowywanego jedynie w uzasadnionych ekonomicznie przypadkach). Dla produkcji małych partii lub pojedynczych egzemplarzy to operator będzie mobilnym elementem systemu, przemieszczając się w razie potrzeby do niezbędnych stanowisk obróbkowych.

Jednakże w przypadku awarii którejkolwiek maszyny lub w przypadku występowania tzw. „wąskiego gardła” wymuszającego zdublowanie danego stanowiska roboczego taki rodzaj transportu nie jest w stanie zapewnić sprawnego dostarczania półproduktów do poszczególnych stanowisk roboczych. W związku z powyższym postanowiono poszukać takich rozwiązań, które te wady wyeliminują.

Oczywiście, aby zdublować takie stanowisko, należy jednocześnie zapewnić transport półproduktów na nowe stanowisko wspomagające daną czynność. Dlatego też konieczny jest transport wewnętrzny, który spełni ten warunek. Należy również podkreślić, że praktycznie każda zmiana produkowanego modelu odzieży wymaga częściowej zmiany stanowisk pracy. W związku z tym transport międzystanowiskowy powinien mieć możliwość szybkiej, łatwej i najlepiej bezkosztowej adaptacji do takich zmian.

Przeprowadzone prace rozwojowe udowodniły, że planowany pierwotnie do wdrożenia w firmie Beneficjenta transport podwieszany bardzo dobrze sprawdza się przy produkcji bardzo dużych serii odzieży. Nie wymaga on konieczności korzystania z posadzki hali produkcyjnej, dzięki czemu nie ogranicza on powierzchni produkcyjnej, bo wszystkie jego elementy są mocowane do sufitu hali produkcyjnej. Natomiast zupełnie nie nadaje się on do produkcji krótkich serii odzieży, czy pojedynczych egzemplarzy.

10. Analiza metod transportu realizowanego za pomocą autonomicznych robotów mobilnych poruszających się na kołach po posadzce hali produkcyjnej.

Przeprowadzone badania przemysłowe wykazały, że zastosowanie w firmie Beneficjenta transportu podwieszanego ma wiele zalet, bo nie wymaga konieczności korzystania z posadzki hali produkcyjnej, gdyż wszystkie jego elementy są mocowane do sufitu hali produkcyjnej dzięki czemu nie ogranicza on powierzchni produkcyjnej oraz umożliwia transport nawet pojedynczych sztuk elementów odzieży (półproduktów) do stanowisk roboczych rozmieszczonych zgodnie z procesem technologicznym. Bardzo dobrze sprawdza się on przy produkcji bardzo dużych serii odzieży.

Pomimo tej zalety posiada on poważną wadę, gdyż jest on nieelastyczny. Do przestawienia go do nowej produkcji (nowego modelu odzieży), która wymaga gruntownej zmiany rozmieszczenia stanowisk roboczych, potrzeba dużo pracy i pochłania znaczne koszty, na co Beneficjent nie może sobie pozwolić przy obecnej dużej konkurencji. Produkt jest wtedy konkurencyjny, gdy jest wyprodukowany w krótkim czasie i przy możliwie najniższych kosztach. W chwili obecnej nie ma już dużych zleceń produkcyjnych. Klienci zlecają do wykonania krótkie partie odzieży i oczekują, że będą one wykonane szybko i w dobrej cenie.

Takie uwarunkowania sprawiły, że z konieczności skupiono się na poszukiwaniach metod transportu bardziej przydatnego dla Beneficjenta, bardziej elastycznego, który łatwo przystosować

do szybko zmieniających się potrzeb produkcyjnych i który nie wymaga do tego dużych nakładów finansowych.

Takie wymagania spełnia transport kołowym wykorzystujący samojezdne wózki jezdne (roboty) AGV poruszające się po posadzce hali produkcyjnej i służące do automatycznego i autonomicznego transportu różnych towarów i półproduktów. Ich ruch odbywa się po wyznaczonej trasie bez udziału jakiegokolwiek operatora, dzięki czemu rozwiązują one problem braku pracowników, umożliwiają przypisanie pracowników do innych działań, gdzie mogą oni wnieść wartość dodaną do produktu oraz zapewniają bezpieczny, wydajny i ograniczający koszty transport półproduktów. Nawigacja wózków może odbywać się na 3 różne sposoby: po linii kolorowej, po taśmie magnetycznej lub po przewodzie albo za pomocą systemu laserowego mapowania terenu.

Do zalet takiego transportu opartego na samojezdnym wózkach AGV należy:

- 1) praca wózków z precyzyjnie kontrolowaną nawigacją i prędkością, dzięki czemu zapewniają one płynny i ostrożny transport produktów oraz minimalizują potencjalne ich uszkodzenia,
- 2) łatwość integracji wózków z systemem produkcji, gdyż szybko dopasowują się one do istniejących bądź nowych stanowisk roboczych,
- 3) zwiększona produktywność firmy - współpracując z systemem zarządzania produkcją wózki AGV wykonują pracę spełniając założone parametry, co ułatwia działalność operacyjną przedsiębiorstwa,
- 4) umożliwienie integracji wszystkich obszarów produkcyjnych i zwiększenie efektywności wykorzystania zasobów firmy,
- 5) bezpieczna współpraca z ludźmi i otoczeniem, wózki AGV mogą pracować w środowisku niebezpiecznym dla ludzi, bez przerw i urlopów,
- 6) elastyczność transportu pozwala na łatwą zmianę części lub całego procesu technologicznego eliminując potrzebę kosztownych modernizacji,
- 7) ograniczenie kosztów pracy, gdyż transport odbywa się bez udziału człowieka.

Samojezdne wózki (roboty) AGV są wyposażone w akumulatory, zapewniające wydajną pracę od 6 do 12 godzin - w zależności od typu wózka. Istnieją trzy sposoby ładowania akumulatorów: za pomocą stacji ładującej, automatyczne ładowanie oraz szybka wymiana akumulatorów na nowy zestaw. Wszystkie wózki mogą być ładowane za pomocą stacji ładującej dostarczanej z tym wózkiem.

Są one bezpieczne w użytkowaniu. Skaner laserowy z funkcją bezpieczeństwa odpowiada za detekcję wszelkich przeszkód pojawiających się przed wózkiem AGV. Dzięki jego działaniu AGV może odpowiednio reagować zwalniając lub całkowicie się zatrzymując, aby uniknąć kolizji.

Skanowana przestrzeń podzielona jest na trzy strefy, co pozwala zróżnicować zachowanie się wózka w zależności od sytuacji. Reakcje w strefach 3, oraz 2 polegają na ograniczeniu prędkości oraz zasygnalizowaniu możliwej kolizji. W przypadku pojawienia się obiektu w strefie 1 skanera, wózek natychmiast się zatrzymuje. Tak zbudowany system bezpieczeństwa zapewnia pracownikom całkowicie bezpieczną pracę.

Autonomiczne wózki (roboty) AGV są sterowane za pomocą specjalnego oprogramowania

umożliwiającego realizować takie operacje, jak:

- 1) obserwacja statusu wózka i najważniejszych składowych systemu,
- 2) konfigurację napędów oraz głównego kontrolera,
- 3) ręczną nawigację wózkiem,
- 4) dodawanie do kontrolera punktów charakterystycznych trasy, w których ma być przeprowadzona określona akcja.

Terminal sterujący wózkiem wyposażony jest w router Wi-Fi. Umożliwia on kontrolę nad wózkiem AGV na ogół poprzez panel dotykowy oraz zdalne wydawanie poleceń dla wózka. Pozwala odczytać podstawowe informacje o stanie pracy wózka takie jak jego lokalizacja, bieżące zadanie, itp.

Do transportu międzystanowiskowego można jednocześnie wykorzystywać wiele wózków AGV. Zarządzanie siecią wózków odbywa się za pomocą stacji zarządzającej, którą można wykorzystać do współpracy wózków ze stanowiskami roboczymi za pomocą systemu zarządzania produkcją. Dodatkowo umożliwia to gromadzenie danych w chmurze i globalny dostęp do danych, możliwość kontroli i zarządzania nimi.

W związku z istniejącymi możliwościami wykorzystania wózków (robotów) AGV oraz koniecznością wprowadzenia do firmy Beneficjenta automatycznego transportu wewnętrznego skupiono się nad doprecyzowaniem poszczególnych rozwiązań takiego transportu, aby zapewnił on w miarę tani i niezawodny transport obrabianych elementów odzieży do poszczególnych stanowisk roboczych na określony czas i w określonych ilościach.

W tym celu brano pod uwagę dostępne na rynku samojezdne wózki (roboty) AGV, które można by było wykorzystać do tego celu. W pierwszej kolejności rozpatrywano możliwość wykorzystania samojezdnego wózka transportującego elementy odzieży, którego nawigacja odbywa się po kolorowej linii jako rozwiązania najtańszego.



Przykładowy wózek autonomiczny nawigowany po linii kolorowej.

Linie taką na ogół w postaci kolorowej taśmy nakleja się na posadzkę hali produkcyjnej po trasie, po której ma przemieszczać się od stanowiska roboczego do stanowiska roboczego wózek samojezdny wraz z transportowanymi półproduktami. Wózek przemieszcza się po linii kolorowej, a jego pozycja w stosunku do tej linii wykrywana jest za pomocą specjalnej kamery PGV, która posiada również zdolność czytania kodów QR. Kamera przekazuje dane do układu kierowania wózkiem dzięki czemu wózek porusza się po ściśle określonej drodze, w tym przypadku naklejonej linii. Punkty charakterystyczne trasy oznaczane są za pomocą kodów QR, np. kolejne stanowiska robocze, dzięki czemu wózek wie, gdzie ma się zatrzymać.

Niestety takie rozwiązanie, oznaczanie trasy przejazdu za pomocą taśmy kolorowej nie jest odporne na długotrwałe ścieranie, dlatego też często się ją osłania specjalną taśmą ochronną. Alternatywnie linia może zostać namalowana na posadzce z wykorzystaniem farby odpornej na ścieranie.

Nawigacja prowadzona za pomocą linii kolorowej jest metodą pozwalającą na precyzyjne prowadzenie wózka. Taśma układana na posadzce jest bardzo elastyczna i pozwala na jej dokładne ułożenie zgodne z oczekiwaniami. Dodatkowo trasę poruszania się wózka AGV można szybko zmienić poprzez przeklejenie taśmy kolorowej, co pozwala na szybką i taną modyfikację procesu produkcji. Jednakże po dokładnym rozpatrzeniu warunków pracy takiego wózka w firmie Beneficjenta zauważono, że takie rozwiązanie nie wchodzi w rachubę, gdyż na hali produkcyjnej jest wiele różnych odpadów produkcyjnych, np. ścinków tkaniny, które po upadnięciu na taką kolorową linię spowodują zatrzymanie wózka, gdyż kamera nie będzie w stanie odczytać dalszego jej przebiegu. Brano pod uwagę również to, że taka linia z czasem ulega zabrudzeniu lub zanieczyszczeniu pyłem, co również może spowodować zakłócenia takiego transportu.

W związku z powyższym do automatycznego transportu międzystanowiskowego postanowiono użyć wózka, który byłby nawigowany po taśmie magnetycznej (ewentualnie po przewodzie). Takie rozwiązanie wyklucza wady transportu związane z zasłonięciem lub zabrudzeniem linii wyznaczającej trasę przejazdu wózka, gdyż takie przeszkody nie przeszkadzają w oddziaływaniu pola magnetycznego.

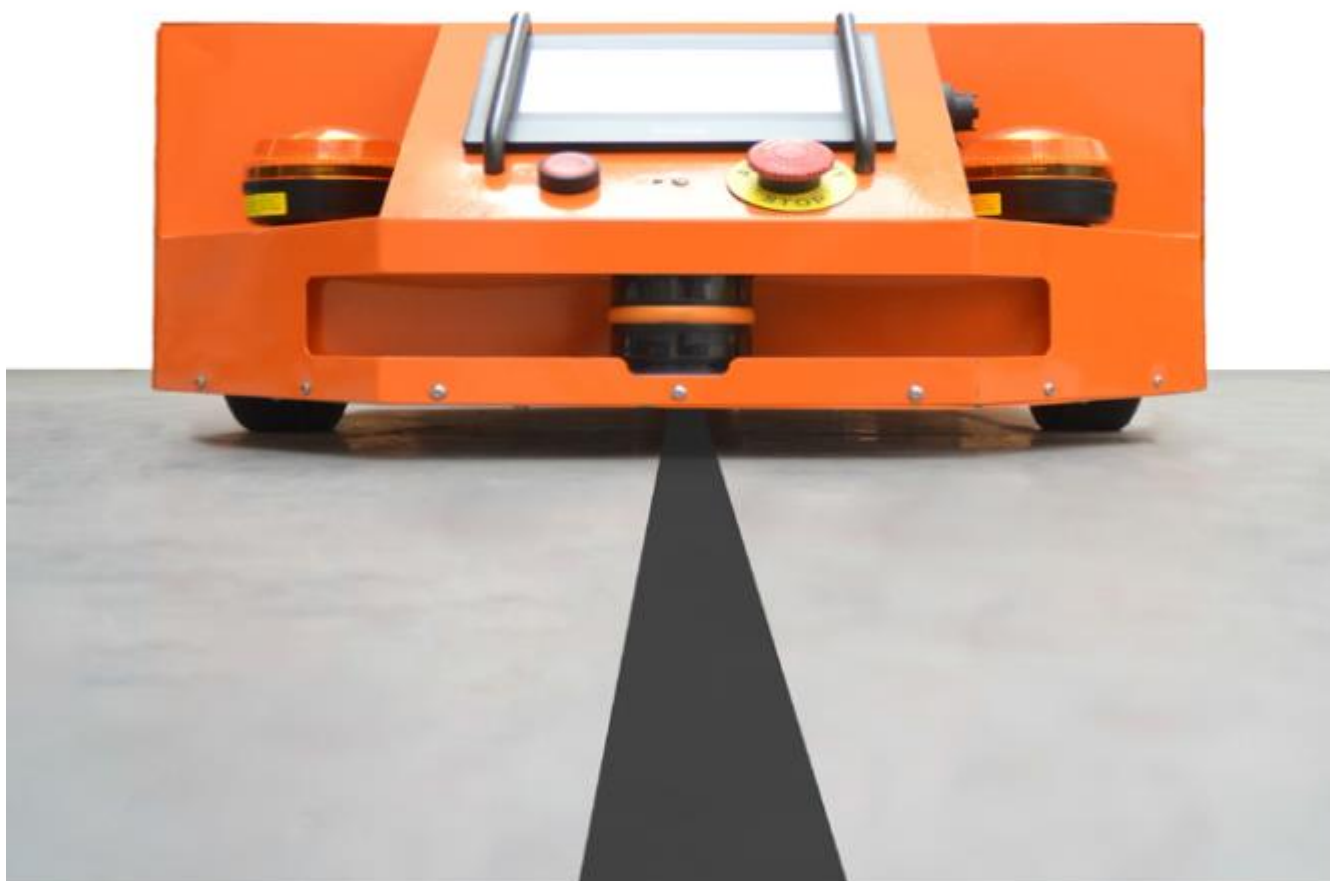
W takim przypadku wózek przemieszcza się samoczynnie po taśmie magnetycznej, a jego pozycja wykrywana jest przez specjalny czujnik pola magnetycznego, który steruje układem jezdny wózka. Zaletą taśmy magnetycznej jest jej odporność na różnego rodzaju zanieczyszczenia, np. w postaci pyłu lub zasłonięcia przez ścinki tkaniny. Linia prowadząca może być całkowicie niewidoczna, a wózek dalej nieomylnie będzie kontynuował jazdę.

Przy tej metodzie nawigacji punkty charakterystyczne trasy przejazdu (np. stanowiska robocze) oznaczane są za pomocą specjalnych tagów RFID.

Pomimo, że taśma magnetyczna jest trwała i odporna na uszkodzenia oraz mocno przywiera do równego podłoża może niekiedy ulec zniszczeniu spowodowanym np. przez nagle hamujący wózek widłowy, przy przemieszczaniu po posadzce maszyn itp..

Dokładnie przeanalizowano możliwości zastosowania takiego rozwiązania do potrzeby firmy Beneficjenta. Do największych jego wad zaliczono:

- 1) wyznaczanie trasy poruszania się wózków za pomocą taśmy magnetycznej. Każdorazowa zmiana ustawienia stanowisk roboczych związana np. z produkcją nowego modelu odzieży, wymaga wyznaczenia za pomocą taśmy magnetycznej nowych tras przejazdów wózków, na co trzeba czasu i to kosztuje, gdyż taśma magnetyczna jest droga,
- 2) po spotkaniu na swojej drodze przeszkody, np. palety, kartonu itp. zatrzymuje się bez możliwości samodzielnej zmiany trasy swego przejazdu,
- 3) potrzeba ustalenia konkretnej trasy przejazdu i sekwencji sterowania,



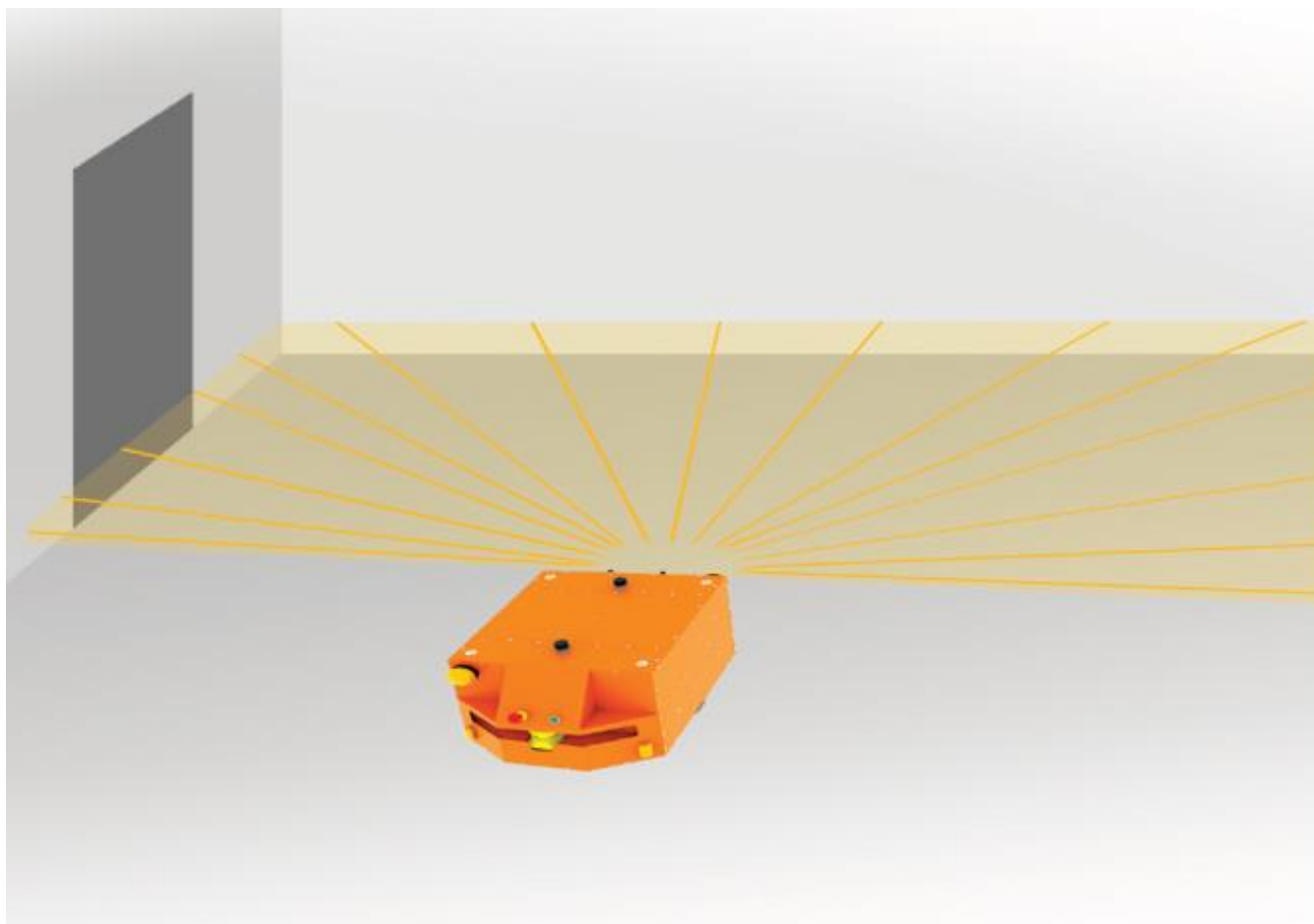
Przykładowy wózek autonomiczny nawigowany po taśmie magnetycznej.

Ze względu na niespełnienie przez rozpatrywany autonomiczny wózek (robot) AGV wszystkich założeń dotyczących automatycznego transportu międzystanowiskowego w firmie Beneficjenta postanowiono poszukać rozwiązania, które eliminowałoby powyżej wymienione wady.

Okazuje się, że istnieje takie rozwiązanie, a mianowicie jest nim samojezdny wózek autonomiczny sterowany systemem laserowego mapowania terenu. Jest to metoda, która nie potrzebuje żadnych dodatkowych elementów montowanych w otoczeniu, np. linii kolorowych, taśm magnetycznych.

W tym rozwiązaniu otoczenie mierzone jest za pomocą skanera laserowego, a zebrane informacje są wykorzystywane do stworzenia układu współrzędnych, w którym po wirtualnej linii porusza się wózek AGV.

Do nawigacji wykorzystywane są naturalne obiekty, takie jak ściany, maszyny, barierki, itp. Dokładność pozycjonowania jest uzależniona od warunków środowiskowych i wynosi ± 1 cm.



Przykładowy wózek autonomiczny nawigowany za pomocą skanera laserowego.

Zastosowanie takiego rozwiązania umożliwia:

- 1) bezpieczne poruszanie się wózka (robotu) AGV pomiędzy ludźmi i przeszkodami,
- 2) nawigacja wózka przebiega automatycznie,
- 3) nawigacja przebiega w czasie rzeczywistym podczas planowania trasy przejazdu i sekwencji,
- 4) łatwość do przystosowania w produkcji i w modyfikacji procesu produkcji (zmiana rozmieszczenia stanowisk pracy).

Ze względu na teoretyczne spełnianie przez takie rozwiązania wymagań firmy Beneficjenta postanowiono przeprowadzić prace badawcze w rzeczywistych warunkach produkcyjnych, aby przekonać się, czy faktycznie wytypowane rozwiązanie spełni oczekiwania Beneficjenta.

Takie rozwiązanie polegające na transporcie półproduktów do poszczególnych stanowisk roboczych za pomocą wózków jezdnych (robotów) sterowanych systemem laserowego mapowania terenu postanowiono przetestować wraz z systemem śledzenia przepływu poszczególnych sztuk odzieży w procesie technologicznym i ich logowania się na konkretnych stanowiskach roboczych, a tym samym sprawdzić czy opracowany automatyczny system transportu tych elementów pomiędzy stanowiskami roboczymi działa sprawnie, bez zakłóceń.

11. Wybór najbardziej optymalnego dla beneficjenta transportu realizowanego za pomocą autonomicznych robotów mobilnych.

Obecnie bardzo szybko zmieniają się trendy w modzie, co powoduje, że zamówienia pozyskane przez Beneficjenta są krótkie i różnorodne. Taka sytuacja wymusza potrzeby w zakresie produkcji odzieży, dlatego też firma powinna być w stanie realizować krótkie zlecenia lub nawet pojedyncze egzemplarze przy zachowaniu w miarę możliwości umiarkowanych cen, bo tego oczekują klienci. Tylko spełniając te warunki firma jest w stanie pokonać konkurencję i utrzymać się na rynku producentów odzieży.

W związku z powyższym z konieczności musiano zrezygnować z planowanego wcześniej transportu podwieszanego, który jest bardzo funkcjonalny ale tylko dla dużych zleceń produkcyjnych, na rzecz bardziej elastycznego, umożliwiającego szybkie przestawienia do nowych potrzeb produkcyjnych transportu kołowego.

W ramach prowadzonych badań wdrożeniowych testowano możliwość wykorzystania autonomicznych robotów mobilnych MiR poruszających się na kołach po posadzce hali produkcyjnej do realizacji funkcji transportu wewnętrznego.

Na początku prac wdrożeniowych do badań wykorzystano autonomiczny robot mobilny MiR 200, gdyż po analizie jego parametrów technicznych stwierdzono, że powinien on spełniać oczekiwania Beneficjenta. Ponadto jest on dostosowany do przenoszenia półek z umieszczonymi na nich półproduktami. Robot może zawieźć półkę do wyznaczonego stanowiska roboczego, zostawić ją przy tym stanowisku, a następnie zabrać półkę z obrobionymi już elementami odzieży ze stanowiska i przenieść ją do innego stanowiska roboczego itd. Taki sposób organizacji pracy przyczynia się do maksymalnego zmniejszenia ilości robotów mobilnych niezbędnych do zapewnienia transportu wewnętrznego.



Autonomiczny robot mobilny MiR 200 na stanowisku ładowania akumulatorów.

Najważniejsze podzespoły autonomicznego robota mobilnego MiR 200:

- 1) zasilacz Phoenix DC/DC 24V 10A,
- 2) komputer NUC,
- 3) system bezpieczeństwa,
- 4) dwa silniki DC 24V, 188 W z inkrementalnymi enkoderami,
- 5) bateria 24V litowo jonowa 40 Ah,
- 6) programowalny głośnik - umożliwia konfigurację własnych komunikatów dźwiękowych,
- 7) USB, wejście E-Stop, antena – umożliwia podłączanie przycisku zatrzymania awaryjnego, komunikację z zewnętrznymi interfejsami albo kamerą robota, bezprzewodową komunikację,
- 8) interfejs On/Off - umożliwia włączanie i wyłączanie robota. Pozwala na kasowanie błędów skanera.

Porty USB i HDMI umożliwiają podłączenie monitora lub myszy/klawiatury do komputera NUC.

System bezpieczeństwa robota składa się z następujących elementów:

- a) dwa laserowe skanery bezpieczeństwa o kącie skanowania 270° umieszczone po przekątnej z przodu i tyłu robota, zapewniają niezawodną ochronę wokół robota i pełną pewność wykrycia przeszkód wokół robota nawet do 8 m,
- b) kamera 3D umieszczona z przodu robota - wykrywająca obiekty od 50 do 800 mm nad powierzchnią podłoża, wspomaga robota w płynnej nawigacji pośród dynamicznych przeszkód bez jego zatrzymywania się.
- c) przycisk zatrzymania awaryjnego, jego wciśnięcie powoduje odcięcie zasilania silników, zmiana stanu możliwa jest tylko poprzez odcisnięcie przycisku zatrzymania awaryjnego i naciśnięcie przycisku resetowania znajdującego się obok,
- d) oświetlenie LED - wskaźnik LED rozciągający się dookoła robota wskazuje stan, w jakim w danej chwili się on znajduje. Szeroka paleta kolorów umożliwia zróżnicowane przekazywanie informacji i wizualne ostrzeżenie otoczenia.
- e) cztery ultradźwiękowe czujniki odległości - wspomagają kamery w rozpoznawaniu przezroczystych obiektów na drodze, np. szklanych drzwi.

Komunikacja z robotem odbywa się za pomocą sieci Wi-Fi.

Praca robota zaczyna się od jego włączenia. Dokonuje się tego poprzez wciśnięcie niebieskiego przycisku znajdującego się w prawym przednim rogu i przytrzymanie go przez około 1 sekundę. Przycisk powinien zacząć się świecić ciągłym niebieskim światłem. Następnie logujemy się do sieci wewnętrznej robota za pomocą urządzenia mobilnego, np. laptopa, tabletu, smartfona. Wyszukujemy sieć Wi-Fi o nazwie MiR_R964, gdzie 964 to numer identyfikacyjny indywidualny dla każdego robota. Naciskamy przycisk „połącz”, a w polu hasło wpisujemy: mirex4you.

Następnie otwieramy przeglądarkę internetową i wpisujemy adres: mir.com. W polu „Username” i „Password” należy wpisać „distributor”, co zatwierdzamy zielonym przyciskiem „Log in”. W głównym menu interfejsu webowego autonomicznego robota mobilnego MiR znajdującego się po lewej stronie można odnaleźć następujące zakładki:

- 1) Dashboards – pozwala na wybór domyślnego lub stworzenie własnego pulpitu operatorskiego, skonfigurowanie własnych widgetów i wyświetlanie informacji o robocie,

- 2) Setup – umożliwia utworzenie nowych misji, dodanie misji do kolejki wykonywanych przez robota zadań, stworzenie lub wybór mapy, zarządzanie dźwiękami, przejściami pomiędzy mapami, konfigurację użytkowników,
- 3) Monitoring – podgląd statystyk, logów, błędów i komunikatów robota. Dane dotyczące prawidłowego działania podzespołów robota,
- 4) System – pozwala zmianę ustawień robota, wgranie nowego oprogramowania, konfigurację dodatkowych modułów,
- 5) Help – dostęp do dokumentacji, informacji o RESET API, książki serwisowej.

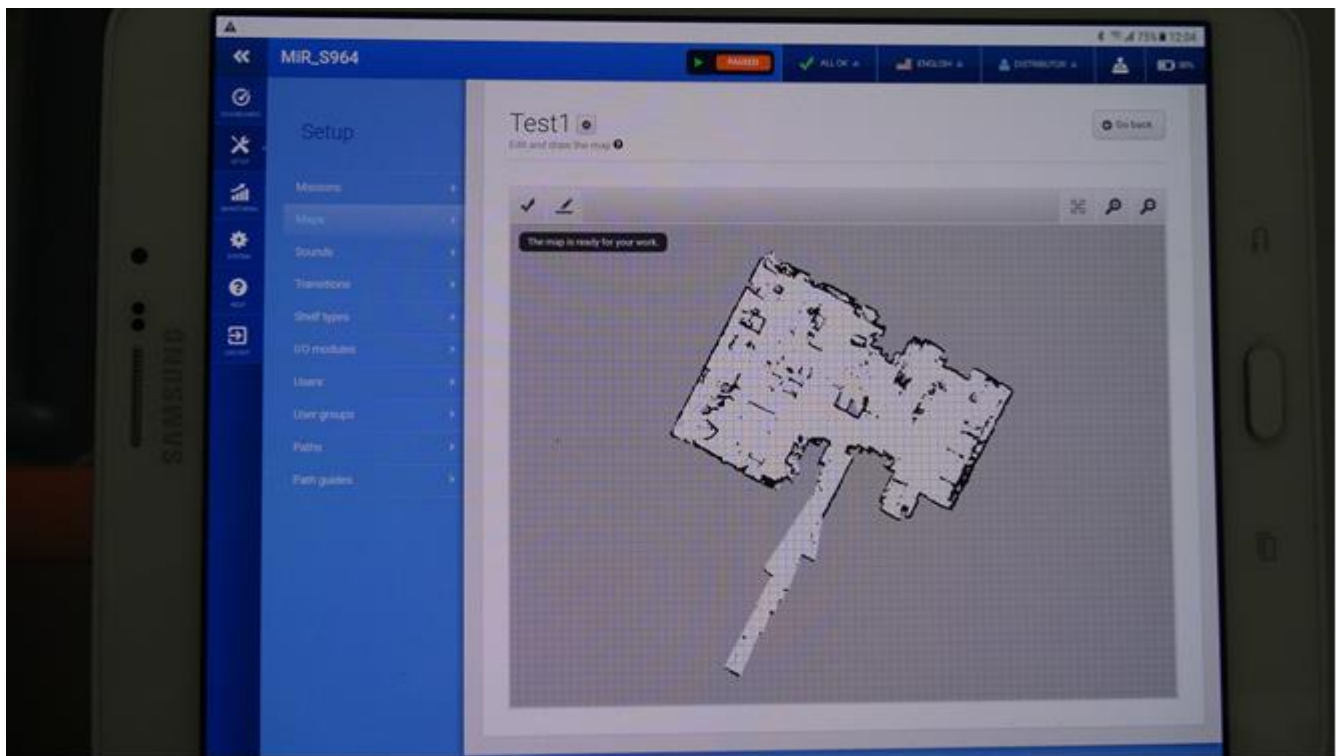
Aby robot właściwie działał należy stworzyć dobrą i precyzyjną mapę terenu, po którym on będzie się poruszał, w tym konkretnym przypadku mapę hali produkcyjnej. Aby tego dokonać należy najpierw podjąć kroki mające na celu optymalizację dokładności mapy, czyli:

- usunąć (oczywiście jeżeli jest to możliwe) wszystkie dynamiczne obiekty takie jak puste pudełka, kartony lub przedmioty, które nie będą na stałe znajdować się w danym pomieszczeniu,
- upewnić się, czy wszystkie drzwi i przejścia w obszarze tworzenia mapy mogą być prawidłowo otwarte,
- należy umieścić robota blisko ściany, gdzie skanery laserowe mają dobry zasięg (np. w pobliżu rogu),
- ustawić robota prostopadle do ścian – pozycja startowa.

W celu utworzenia mapy wchodzimy w zakładkę „Setup”, a następnie w „Maps” wpisujemy nazwę mapy i miejsce dla którego będzie ona tworzona, np. hala produkcyjna, po zatwierdzeniu rozpoczyna się proces mapowania. Logujemy się do interfejsu webowego robota za pomocą smartfona lub tabletu i otwieramy znajdujące się na górnym pasku okno joysticku pozwalające na sterowanie robotem w trybie manualnym.

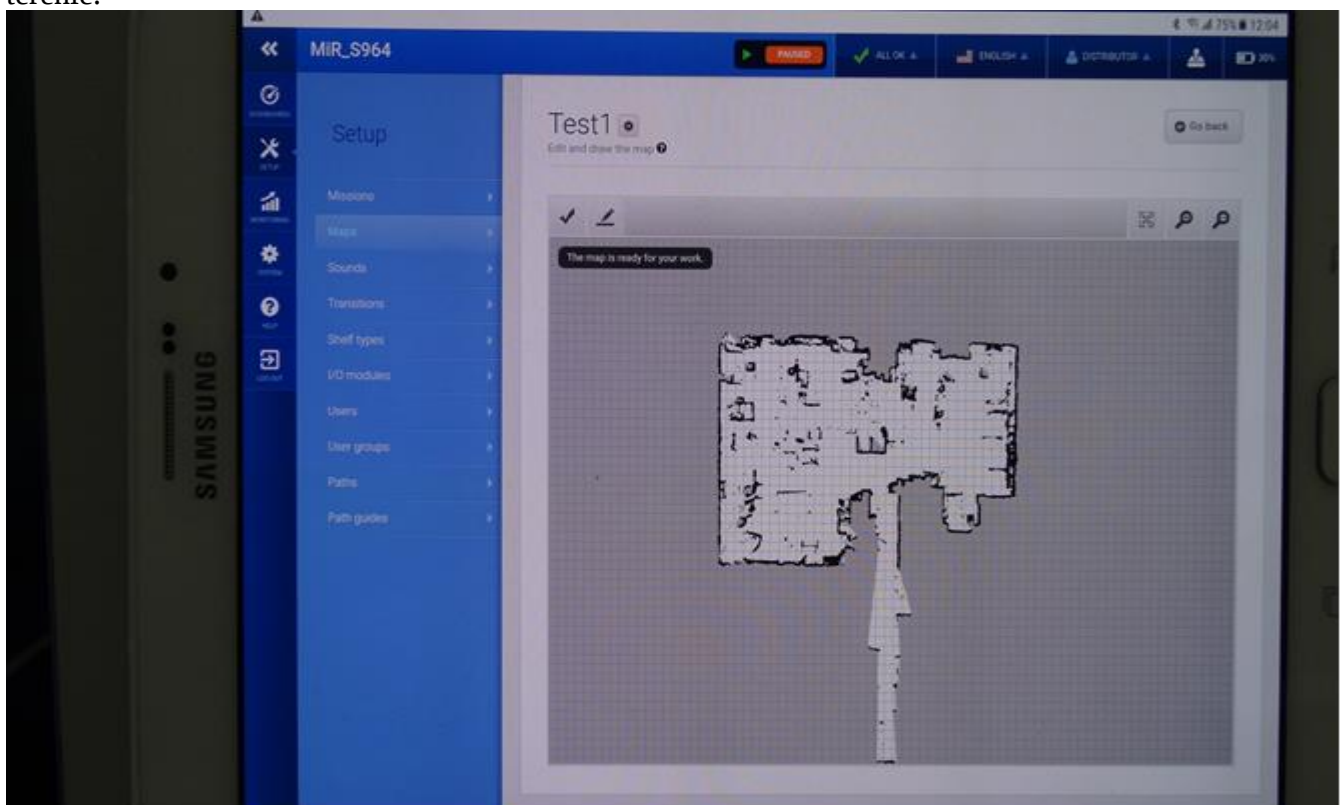
Używając joysticka należy dokładnie przeprowadzić robota przez pomieszczenie, które chcemy zmapować. Należy zwrócić uwagę, aby nie podjeżdżać robotem zbyt blisko przeszkody lub ściany. W przeciwnym razie trzeba będzie go przesunąć fizycznie do miejsca, gdzie skaner bezpieczeństwa będzie znajdował się w odpowiedniej odległości od obiektów w pobliżu.

Po zakończeniu mapowania otrzymujemy obraz danego pomieszczenia – hali produkcyjnej. Należy odczekać 3 – 5 sekund aż silnik mapowania zakończy swoje działanie. Następnie ustawiamy tak otrzymaną mapę, aby ściany na mapie były równoległe do tych rzeczywistych i do siatki układu współrzędnych. Zapisuje się takie dane.



Obraz hali produkcyjnej bezpośrednio po jej zmapowaniu.

Mapę hali produkcyjnej utworzoną dzięki odczytom z czujników robota poddajemy obróbce, gdyż skanowany jest obszar na wysokości skanerów, dlatego też na otrzymanej mapie mamy np. nogi stołów, maszyn, a nie cały obszar przez nie zajęty. Mapę należy uaktualnić usuwając niechciane odczyty oraz tymczasowe obiekty dodając jednocześnie wirtualne ściany, preferowane ścieżki poruszania się robota oraz strefy zagrożenia oraz wiele innych (strefa zwolnionego przejazdu, sygnalizacji dźwiękowej itp.), co pozwoli robotowi precyzyjnie i płynnie się poruszać w danym terenie.

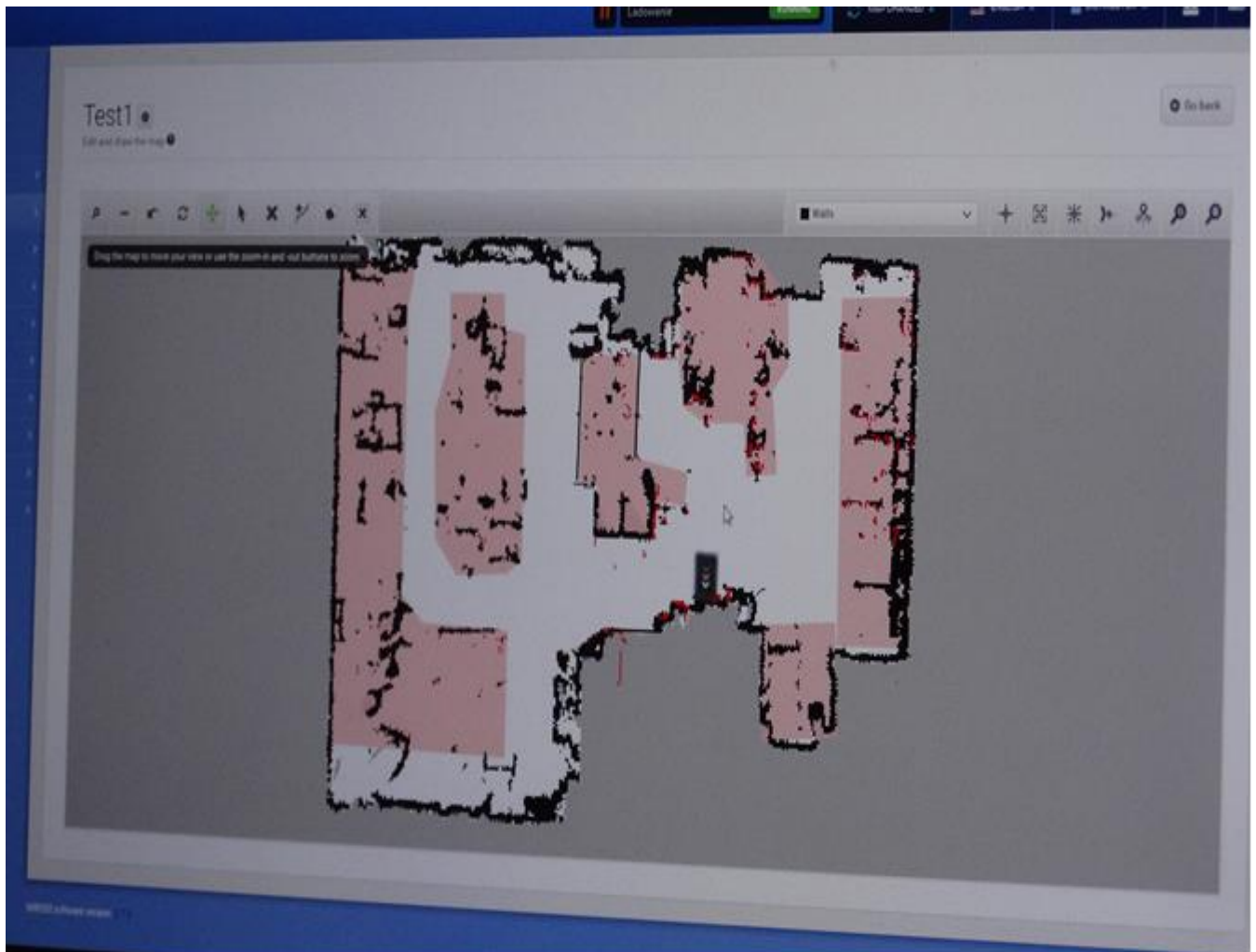


Mapa hali produkcyjnej po dostosowaniu ścian na mapie do siatki układu współrzędnych.

Konfigurację mapy należy zacząć od edycji ścian. Można poprawić odczyty czujników lub nanieść nowe ściany poprzez rysowanie nowych ścian. Podczas mapowania podłoga jest tworzona automatycznie. Istnieje możliwość poprawienia istniejącego szkicu podłogi na przykład, jeśli stworzona przez robota mapa zawiera niewłaściwe obszary, przez które robot nie jest w stanie się poruszać. Można te niechciane obszary podłogi usunąć z mapy. Jest również możliwość dodania nowego obszaru podłogi.

Na otrzymanej mapie można również zaznaczyć obszary dla robota, w których:

- robot w danym obszarze będzie mógł poruszać się tylko w wybranym kierunku. Aby ograniczyć sytuację, w której kilka robotów mogłoby blokować sobie drogę, należy zastosować dwie trasy po których roboty będą poruszały się w przeciwnych kierunkach,
- robot porusza się w wybranym obszarze, biorąc pod uwagę dynamiczne przeszkody,
- robot będzie próbował ominąć dany obszar, ale może z niego skorzystać, jeśli nie ma innych możliwości,
- obszar zakazujący robotowi ruchu w nim,
- czujniki zostają wyłączone pozwalając robotowi na przejazd np. przez wąskie drzwi. Gdy robot opuści tę strefę czujniki zostają ponownie włączone,
- pozwala się na poruszanie się robota z ustaloną prędkością,



Tworzenie na mapie stref dla robota.

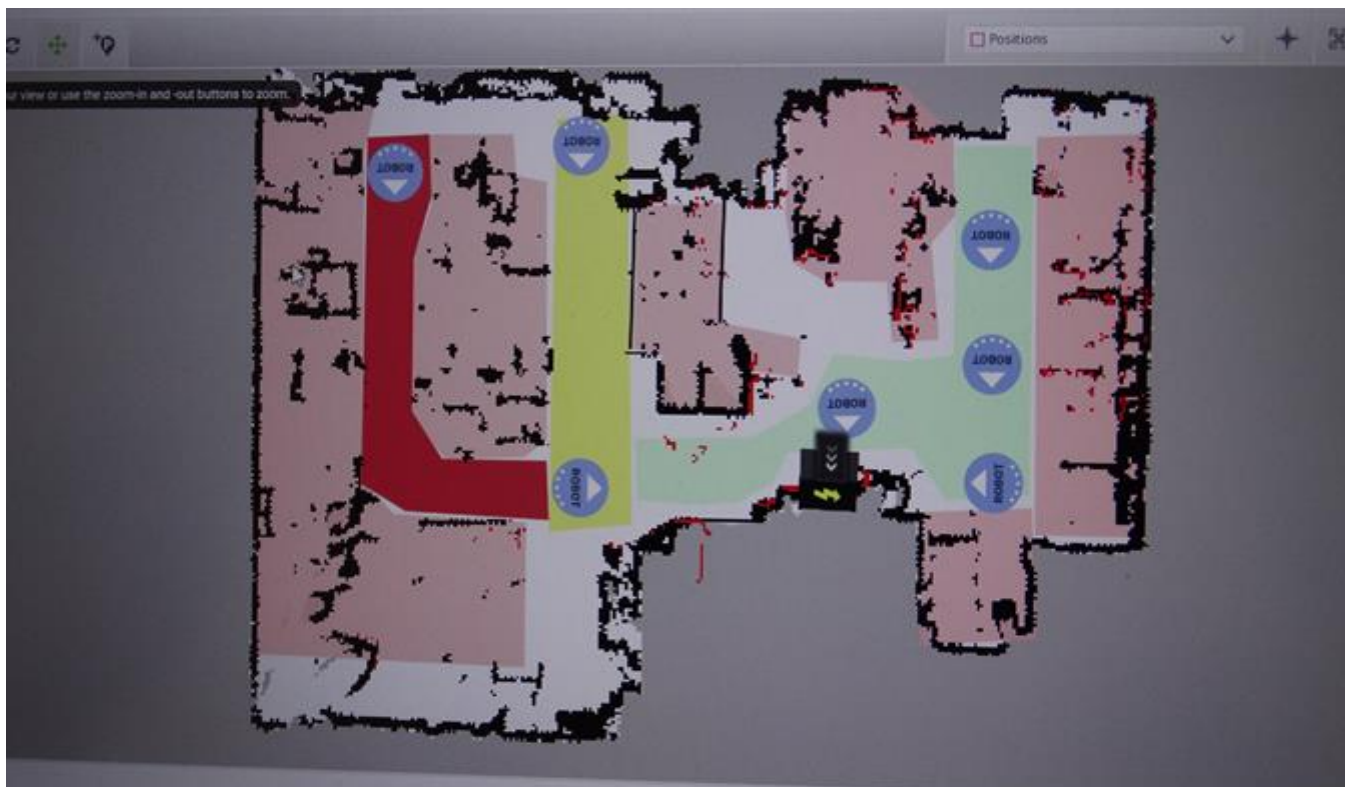
- oświetlenie LED robota miga podczas jazdy w tej strefie. Może być stosowany w celu przyciągnięcia uwagi wzrokowej,
- robot odtwarza dźwięk podczas jazdy w tym obszarze. Może być używany do ostrzegania ludzi o obecności robota,
- robot wyłącza skanery laserowe i używa tylko odczytów z enkoderów do lokalizacji. Opcja przydatna np. podczas przejazdów przez rampy,
- zmniejsza się pole widzenia robota, aby ułatwić płynne poruszanie się w obszarach w bardziej dynamicznym środowisku.

Podczas tworzenia mapy istnieje możliwość zaznaczenia odpowiednich na niej pozycji stanowisk roboczych na trzy sposoby:

- 1) zaznaczenie pozycji bezpośrednio na mapie,
- 2) poprzez podjechanie robotem na dane stanowisko i odczytanie jego pozycji,
- 3) zaznaczenie pozycji poprzez podanie współrzędnych.

Po zaznaczeniu na mapie wszystkich potrzebnych obszarów oraz pozycji stanowisk roboczych, robota i jego stacji ładowania zapisuje się dane, a po ich zapisaniu przesyła się je do robota.

Taką mapę tworzy się dla każdej hali produkcyjnej, w której robot będzie się poruszał. Po wykonaniu map należy robotowi przypisać szereg czynności, które będzie mieć do wykonania, tzw. misję. Może to być proste zadanie transportowe pomiędzy poszczególnymi stanowiskami roboczymi lub zadanie bardziej złożone, które obejmuje zarówno przejazd pomiędzy stanowiskami roboczymi jak i wykonywanie innych działań, takich jak automatyczne otwieranie drzwi za pośrednictwem sygnału Bluetooth, dźwięk klaksonu lub wysłanie wiadomości e-mail po przybyciu na wybrane stanowisko robocze. Zadania robota można cały czas zmieniać poprzez dodawanie nowych zadań lub zmniejszanie już zapisanych, można zmieniać kolejność ich wykonywania jeżeli zajdzie taka potrzeba itp.



Gotowa mapa hali produkcyjnej z zaznaczonymi strefami i stanowiskami roboczymi.

Misja robota składa się z różnych czynności, np. przemieszczanie się, warunki logiczne, odbiór/dostawa wózka, wydawanie dźwięków. Większość czynności ma parametry, które należy opisać, na przykład do jakiego stanowiska roboczego robot ma się przemieścić. Zamiast przypisywać do danej czynności stałego stanowiska roboczego, istnieje możliwość zdefiniowania zmiennej, przechowującej wartość parametru. Daje to możliwość wykonywania tego samego zbioru czynności z różnymi parametrami.

Zbiór najważniejszych czynności dla robota:

- 1) Move - nakaz przemieszczenia się robota do konkretnego stanowiska roboczego utworzonego na mapie. Istnieje możliwość zdefiniowania liczby prób, które podejmie robot, aby dotrzeć do zadanego stanowiska, jeśli droga jest zablokowana, a także dokładność z jaką robot ma zająć dane miejsce,
- 2) Move to coordinate - nakaz przemieszczenia się robota do pozycji wskazanej poprzez podanie współrzędnych X i Y na mapie,
- 3) Docking - nakaz przemieszczenia się robota do zdefiniowanej na mapie pozycji, np. automatyczna stacja ładowania akumulatorów,
- 4) Charging - nakaz rozpoczęcia ładowania akumulatora robota według wskazanej konfiguracji. Możliwość zdefiniowania czasu ładowania oraz minimalnego stanu naładowania baterii. Akcja ta musi zostać poprzedzona manewrem dokowania do automatycznej stacji ładowania akumulatorów,
- 5) If - akcja sprawdzająca dany warunek logiczny i wykonująca podane kroki w zależności od jego wyniku. Istnieje możliwość porównania stanu baterii, liczby misji w kolejce lub innych wartości,
- 6) Loop - umożliwia powtarzanie zestawu czynności określonej liczby razy lub aż do momentu zatrzymania robota przez operatora,
- 7) Try/Catch - zapobiega zatrzymaniu robota w wyniku błędu akcji np. jeśli droga jest zablokowana,
- 8) Play Sound — akcja podczas której następuje odtworzenie dźwięków dostarczonych przez producenta lub wgranych przez użytkownika. Istnieje możliwość konfiguracji długości czasu odtwarzania, a także poziomu głośności,
- 9) Show Light — umożliwia włączenie oświetlenia LED znajdującego się na robocie. Należy wybrać kolor, intensywność, czas trwania, a także tempo migania,
- 10) Missions — umożliwia wywołanie innej misji.



Autonomiczny robot mobilny MiR 200 podczas testów.

Autonomiczny robot mobilny MiR 200 może transportować półprodukty samodzielnie na sobie lub za pomocą:

- półki (nazwa MiR Shelf) - robot przymocowany jest do półki, a jego gabaryty zmieniają się w zależności od wielkości tej półki, robot MiR 200 może przenieść półkę o masie 300 kg, może zostawić półkę i wrócić w określone miejsce lub oczekiwać razem z półką zgodnie z określoną listą zadań,
- holowanych wózków do przenoszenia ciężkich produktów pomiędzy wyznaczonymi lokalizacjami w zakładzie produkcyjnym, robot MiR200 może obsługiwać wózki do 500 kg, identyfikuje on wózki za pomocą znaczników QR i autonomicznie transportuje je do miejsca docelowego. W tym konkretnym przypadku brak zastosowania.

Podczas prowadzonych prac rozwojowych okazało się, że robot mobilny MiR 200 bardzo dobrze sprawuje się podczas sporządzania map i wyznaczania stanowisk roboczych. Zawsze podąża zgodnie z wyznaczoną dla niego trasą, dobrze lokalizuje stanowiska robocze, zatrzymuje się na nich na wyznaczony z góry okres czasu lub też na czas określony przez operatora. Jednakże testowany robot mobilny przystosowany był do transportu półproduktów na półkach.

Zmierzony czas wykonania poszczególnych czynności niezbędnych do przystosowania robota mobilnego do pełnienia transportu automatycznego:

- 1) skanowanie hali produkcyjnej w celu stworzenia trasy przejazdu robota – 15 minut,
- 2) obróbka otrzymanej mapy (uaktualnia się mapę usuwając niechciane odczyty oraz tymczasowe

- obiekty dodając jednocześnie wirtualne ściany) – 10 minut,
3) tworzenie stref dla przejazdu robota i oznaczenie stanowisk pracy - 15 minut,
4) określenie czynności dla robota (tworzenie tzw. misji) – 5 minut.

Należy podkreślić, że w/w czasy zależą od wielkości hali produkcyjnej, ilości stanowisk roboczych, liczby czynności określonych dla robota.

Ze względu na ograniczone przez rozstawione maszyny i automaty szerokości przejazdu transport na półkach przenoszonych przez robot nie sprawdził się, gdyż półka zamieszczona na robocie spowodowała jednoczesne powiększenie jego gabarytów, co jednocześnie było uwzględniane przez czujniki, które w wielu wąskich miejscach powodowały zatrzymywanie się robota.

W związku z powyższym do transportu elementów odzieży postanowiono wykorzystać autonomiczny robot mobilny MiR 100, na którym bezpośrednio można umieszczać pojemniki z półproduktami lub wysięgniki z zawieszonymi elementami odzieży.



Autonomiczny robot mobilny MiR 100 podczas przewożenia pojemnika z pakietami odzieży.

Po rozważeniu wielu wariantów rozwiązań w zakresie automatycznego transportu międzystanowiskowego, po dokładnej analizie otrzymanych wyników okazuje się, że jedynym, niezawodnym rozwiązaniem, który warto wprowadzić do firmy Beneficjenta jest transport półproduktów do poszczególnych stanowisk roboczych oparty na wózkach jezdnych (robotach) AGV sterowanych systemem laserowego mapowania terenu, który gwarantuje spełnienie wszelkich oczekiwań Beneficjenta, gdyż jest on niezawodny, elastyczny i bezbłędny, a przy tym precyzyjnym w dostarczaniu półproduktów.

Należy również zaznaczyć, że taki typ transportu łatwo jest zsynchronizować z systemem zarządzania produkcją, co pozwala na znaczne przyspieszenie procesu produkcji, gdyż dzięki temu elementy odzieży są dostarczone do poszczególnych stanowisk roboczych na określony czas i w określonych ilościach, czyli bezpośrednio wpływa na wydajność produkcji.

Dzięki zainstalowanemu systemowi monitorowania przepływu elementów odzieży w procesie produkcyjnym na bieżąco widać, na którym stanowisku roboczym znajduje się dany element odzieży i jak długo trwa wykonanie konkretnej czynności w procesie technologicznym na tym stanowisku. Widząc, że czas wykonywania czynności jest długi od razu można stwierdzić, że jest to tzw. „wąskie gardło”, które można łatwo zlikwidować dublując to stanowisko pracy, dzięki czemu efektywność produkcyjna zakładu się poprawia. W przypadku awarii danej maszyny można ją szybko zastąpić inną wykonującą te same czynności.

Wybrany typ transportu łatwo jest dostosować do tego typu czynności. Bardzo szybko i łatwo jest dostosować ten typ transportu do produkcji nowego modelu odzieży, która wymaga częściowej zmiany stanowisk pracy. To wszystko daje mu zdecydowaną przewagę nad wszystkimi innymi rodzajami transportu.

Florian Kapica

WŁAŚCICIEL

PRZEDSIĘBIORSTWO PRODUKCYJNO-HANDLOWE
„KAPICA MARKET”, *Florian Kapica*
23-400 Bilgoraj, ul. Kościuszki 15
tel. 84 686 15 16; fax 84 688 00 40
NIP 918-000-10-68