|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Karta projektu badawczo-rozwojowego** | | | | |
|
|
|
| **Tytuł projektu** | | | | |
| **Opracowanie nowego strumienia produkcji – Wydział Drewno** | | | | |
| **Numer ewidencyjny projektu** | | **BR – Wydział Drewno** | | |
| **OPIS DZIAŁAŃ BADAWCZO ROZWOJOWYCH:** | | | | |
|
| ***Cel/ Opis nowych zakładanych właściwości/ funkcjonalności rozwiązania (produktu lub procesu)*** | Celem projektu było opracowanie i wdrożenie nowego strumienia produkcji w Wydziale Drewno, który obejmował zarówno reorganizację procesu technologicznego, jak i gruntowną modernizację infrastruktury. Projekt koncentrował się na utworzeniu nowego magazynu drewna, dobudowie 680 m² powierzchni hali oraz całkowitej zmianie organizacji ruchu wewnętrznego, w tym:   * lokalizacji stanowisk roboczych, * tras transportu oraz * stref składowania.   Prace prowadzone były w oparciu o algorytmy optymalizacji przepływów produkcyjnych, które umożliwiły stworzenie układu minimalizującego czas przemieszczania elementów i ograniczającego straty wynikające z niepotrzebnych operacji logistycznych.  Nowy magazyn drewna został zaprojektowany jako integralna część zmodernizowanego strumienia produkcji. Zastosowano w nim system regałów wspornikowych i półkowych o wysokiej nośności, które pozwalały na bezpieczne i ergonomiczne przechowywanie elementów drewnianych o zróżnicowanych gabarytach. Układ regałów został zaplanowany z wykorzystaniem algorytmów tzw. bin packing oraz algorytmów ścieżek najkrótszych, co pozwoliło na maksymalne zagęszczenie składowania przy jednoczesnym zachowaniu dostępności i płynności ruchu wózków widłowych. Każda strefa magazynowa była powiązana z konkretnym etapem procesu technologicznego, dzięki czemu uniknięto wielokrotnego transportowania tych samych elementów.  Zmiana organizacji ruchu w hali polegała na przeprojektowaniu układu stanowisk produkcyjnych zgodnie z zasadą „flow line”, czyli ustawienia maszyn i stanowisk roboczych w takiej kolejności, w jakiej przebiegał proces obróbki drewna. W poprzednim układzie występowało wiele zbędnych przemieszczeń półfabrykatów, które generowały koszty oraz powodowały ryzyko uszkodzeń transportowych. Dzięki zastosowaniu algorytmów symulowanego wyżarzania oraz heurystyk lokalnego przeszukiwania zaprojektowano layout, który minimalizował długość tras transportowych oraz eliminował kolizje pomiędzy ruchem surowców, półproduktów i wyrobów gotowych.  Dla nowego układu opracowano także dedykowane zasady ruchu wewnętrznego. Wprowadzono jednokierunkowe ścieżki komunikacyjne dla wózków widłowych, a także zdefiniowano strefy buforowe przy maszynach o największym obciążeniu. Pozwoliło to nie tylko na zwiększenie bezpieczeństwa, ale również na bardziej równomierne rozłożenie obciążenia transportowego. Algorytmy harmonogramowania przepływów produkcyjnych zostały użyte do ustalenia, w jaki sposób powinny być planowane kursy transportowe w ciągu zmiany, aby uniknąć spiętrzeń w wąskich gardłach.  Nowy magazyn drewna pełnił funkcję centralnego węzła logistycznego całego Wydziału Drewno. Materiał trafiał do niego bezpośrednio po dostawie, a następnie był rozprowadzany do poszczególnych etapów produkcji zgodnie z kolejnością technologiczną. Opracowany system informatyczny pozwalał na monitorowanie stanu zapasów w czasie rzeczywistym, a algorytmy kontroli stanów minimalnych i progów bezpieczeństwa wspierały decyzje zakupowe. Dzięki temu znacząco zmniejszono ryzyko przestojów wynikających z braku surowca.  Ważnym elementem projektu było również ograniczenie uszkodzeń transportowych. Dzięki przeprojektowaniu układu maszyn i wprowadzeniu stref odkładczych, liczba operacji załadunku i rozładunku elementów została zminimalizowana. Algorytmy śledzenia ścieżek transportowych wskazały miejsca, w których dochodziło najczęściej do kolizji i strat jakościowych. Na tej podstawie zmieniono lokalizację kilku kluczowych maszyn, co pozwoliło skrócić ścieżkę przepływu materiałów nawet o 35% w stosunku do stanu wyjściowego.  Nowy układ funkcjonalny hali umożliwił także wprowadzenie lepszej organizacji pracy zespołów produkcyjnych. Stanowiska zostały pogrupowane w gniazda technologiczne, które odpowiadały logicznym etapom procesu. Każde gniazdo zostało wyposażone w strefę buforową oraz dedykowany dostęp do magazynu surowców. Dzięki temu ograniczono liczbę interwencji operatorów logistycznych i usprawniono współpracę pomiędzy działem produkcji a magazynem.  Z perspektywy funkcjonalnej projekt przyniósł szereg nowych właściwości rozwiązania:   * zredukowano czas cyklu produkcyjnego poprzez skrócenie tras transportowych, * ograniczono liczbę operacji załadunku i rozładunku, * zmniejszono odsetek uszkodzeń transportowych dzięki zoptymalizowanemu przepływowi, * zwiększono bezpieczeństwo pracowników poprzez wprowadzenie jednokierunkowego ruchu wewnętrznego, * zapewniono lepszą kontrolę zapasów magazynowych i ich powiązanie z harmonogramem produkcji, * umożliwiono dynamiczne planowanie transportu wewnętrznego z wykorzystaniem algorytmów optymalizacyjnych.   Projekt zrealizowano łącząc metody inżynierii produkcji, modelowania procesów logistycznych oraz algorytmów optymalizacyjnych. Proces został podzielony na etapy, które pozwoliły na systematyczne przechodzenie od diagnozy stanu obecnego, poprzez opracowanie koncepcji, aż do wdrożenia i weryfikacji rozwiązania.  1. Analiza stanu istniejącego   * przeprowadzono inwentaryzację infrastruktury produkcyjnej oraz magazynowej, * dokonano pomiarów czasów i tras transportowych wewnątrz hali, * zidentyfikowano wąskie gardła procesu oraz miejsca generowania strat (nadmierne transportowanie, uszkodzenia materiałów), * opracowano mapy procesów przepływu materiałów (Value Stream Mapping).   2. Definicja celów badawczo-rozwojowych   * zdefiniowano potrzeby biznesowe (zmniejszenie liczby operacji transportowych, redukcja uszkodzeń, zwiększenie bezpieczeństwa), * określono kryteria oceny nowych rozwiązań: minimalizacja łącznej długości tras, równomierne obciążenie maszyn, możliwość rozbudowy hali, ergonomia stanowisk pracy, bezpieczeństwo ruchu wewnętrznego.   3. Opracowanie i testowanie koncepcji layoutu   * zastosowano algorytmy optymalizacyjne (m.in. bin packing, shortest path, symulowane wyżarzanie) w celu zaprojektowania rozmieszczenia maszyn, regałów i stref transportowych, * przygotowano kilka wariantów układu funkcjonalnego hali i poddano je testom symulacyjnym, * przeprowadzono analizy „what-if” – sprawdzano odporność układu na zmienne scenariusze produkcyjne i różne obciążenia magazynu.   4. Projektowanie nowego magazynu drewna   * na podstawie danych o strukturze dostaw i gabarytach materiałów dobrano odpowiednie regały wspornikowe i półkowe, * zaprojektowano strefy przyjęć, składowania i wydań, powiązane bezpośrednio z kolejnymi etapami produkcji, * opracowano system ścieżek jednokierunkowych oraz buforów magazynowych redukujących ryzyko kolizji, * zweryfikowano układ w symulacjach komputerowych, wykorzystując modele przepływu agentowego (agent-based simulation).   5. Opracowanie organizacji ruchu wewnętrznego   * zaprojektowano jednokierunkowe trasy transportowe, * wdrożono politykę ruchu opartą na priorytetach – surowce → półprodukty → wyroby gotowe, * opracowano harmonogramy transportu wewnętrznego przy użyciu algorytmów harmonogramowania przepływów (flow scheduling), * określono procedury bezpieczeństwa i zarządzania ruchem w strefach krytycznych.   6. Wdrożenie i pilotaż   * przeprowadzono reorganizację hali wraz z dobudową 680 m² nowej przestrzeni produkcyjnej, * wykonano instalację regałów, przeniesienie maszyn i oznakowanie tras ruchu, * wdrożono system informatyczny wspierający monitorowanie stanów magazynowych i sterowanie przepływami, * przeprowadzono pilotażowe uruchomienie nowego strumienia produkcji, zbierając dane do walidacji.   7. Walidacja i optymalizacja powdrożeniowa   * dokonano pomiarów wskaźników KPI: czas cyklu produkcyjnego, liczba operacji transportowych, odsetek uszkodzeń transportowych, * porównano wyniki z wartościami bazowymi sprzed wdrożenia, * zoptymalizowano harmonogramy transportu i procedury pracy, eliminując zidentyfikowane niedoskonałości,   Realizacja projektu odbyła się w etapach:   1. Analiza stanu obecnego i diagnoza problemów – inwentaryzacja procesów, pomiary czasów transportowych, identyfikacja wąskich gardeł. 2. Projektowanie i analizy koncepcyjne – opracowanie wariantów layoutu i nowego magazynu z wykorzystaniem algorytmów symulacyjnych. 3. Wybór rozwiązania i projekt wykonawczy – selekcja najlepszego wariantu w oparciu o zdefiniowane KPI (czas cyklu, długość tras, liczba operacji transportowych). 4. Realizacja inwestycji infrastrukturalnych – rozbudowa hali, montaż regałów, reorganizacja układu maszyn. 5. Wdrożenie organizacyjne i pilotaż operacyjny – testy przepływów w nowym układzie, szkolenia pracowników, walidacja algorytmów sterujących transportem wewnętrznym. 6. Optymalizacja powdrożeniowa i zamknięcie projektu – analiza wyników, korekty layoutu i harmonogramów, opracowanie dokumentacji końcowej.   Każda faza kończyła się przeglądem (tzw. Gate), podczas którego zespół projektowy oraz kierownictwo firmy zatwierdzali wyniki i podejmowali decyzję o przejściu do kolejnego etapu.  Projekt realizowano w oparciu o hybrydową metodykę:   * Stage-Gate – jako główny model kontroli etapów i jakości, * Agile – do prac nad modelowaniem i symulacjami (sprinty 2-tygodniowe, testy kolejnych wariantów układu hali i magazynu), * Lean Manufacturing i VSM – do mapowania i usprawniania strumienia wartości, * Simulation-based design – do oceny przepływów materiałowych przy użyciu algorytmów optymalizacyjnych.   Postęp prac był monitorowany w cyklu tygodniowym (spotkania zespołu) oraz miesięcznym (raporty dla zarządu). Kluczowe wskaźniki sukcesu obejmowały: skrócenie tras transportowych, redukcję liczby operacji przeładunkowych, zmniejszenie odsetka uszkodzeń transportowych, wzrost bezpieczeństwa i ergonomii. Stosowano narzędzia IT do kontroli harmonogramu (Gantt) oraz do zarządzania ryzykiem (macierz ryzyka, scenariusze awaryjne).  Komunikacja i zarządzanie zmianą - szczególny nacisk położono na komunikację wewnętrzną – pracownicy byli informowani o celach projektu i angażowani w proces testowania nowych rozwiązań. Dzięki temu zwiększono akceptację zmian i zminimalizowano ryzyko zakłóceń produkcji. | | | |
|
|
|
| ***Podstawowe etapy projektu*** | | | | |
| ***Numer etapu*** | ***Nazwa etapu*** | | | ***Data realizacji*** |
| 1. | Analiza stanu obecnego i diagnoza problemów | | | 09.2023 |
| 2. | Projektowanie i analizy koncepcyjne | | | 09.2023 –  01.2024 |
| 3. | Wybór rozwiązania i projekt wykonawczy | | | 02.2024 –  03.2024 |
| 4. | Realizacja inwestycji infrastrukturalnych | | | 03.2024 –  08.2024 |
| 5. | Wdrożenie organizacyjne i pilotaż operacyjny | | | 06.2024 –  11.2024 |
| 6. | Optymalizacja powdrożeniowa i zamknięcie projektu | | | 12.2024 |
| ***Wykaz najważniejszych problemów badawczych oraz sposób ich rozwiązania*** | 1. Problem: Brak spójnego strumienia produkcji i chaotyczna organizacja przepływu materiałów  W dotychczasowym układzie produkcji drewna stanowiska robocze były rozmieszczone w sposób przypadkowy, co powodowało liczne, niepotrzebne operacje transportowe. Materiały wielokrotnie zmieniały kierunek przemieszczania, co skutkowało stratami czasu i niską efektywnością pracy.  Rozwiązanie: Zastosowano algorytmy optymalizacji układu hal produkcyjnych (m.in. heurystyki ścieżek najkrótszych i symulowane wyżarzanie) w celu zaprojektowania layoutu zgodnego z sekwencją procesów technologicznych. Nowy układ maszyn i gniazd roboczych został ułożony w logiczny, liniowy strumień produkcyjny, który minimalizował liczbę transportów i skrócił łączny czas cyklu.  2. Problem: Niewystarczająca pojemność i ergonomia magazynu drewna  Dotychczasowy magazyn nie był dostosowany do rosnącej skali produkcji. Materiały były składowane w sposób rozproszony, co powodowało trudności z lokalizacją i ryzyko opóźnień w dostawach wewnętrznych.  Rozwiązanie: Zaprojektowano nowy magazyn drewna o zwiększonej powierzchni i wysokiej funkcjonalności. Wdrożono regały wspornikowe i półkowe, a układ stref przyjęć, składowania i wydania został zoptymalizowany algorytmicznie (bin packing, analizy przepływów). Dzięki temu uzyskano większą pojemność, lepszą dostępność materiałów i wyeliminowano nadmierne manewry transportowe.  3. Problem: Nadmierne uszkodzenia transportowe materiałów drewnianych  Częste przenoszenie i wielokrotne przeładunki powodowały uszkodzenia krawędzi i powierzchni półproduktów. Straty jakościowe generowały dodatkowe koszty i obniżały efektywność produkcji.  Rozwiązanie: Opracowano układ, w którym liczba operacji przeładunkowych została ograniczona do minimum. Zastosowano strefy buforowe przy gniazdach technologicznych i zoptymalizowano trasy jednokierunkowe. Symulacje komputerowe pozwoliły wskazać miejsca, w których ryzyko uszkodzeń było największe i przeprojektować ich lokalizację.  4. Problem: Brak zorganizowanego systemu ruchu wewnętrznego w hali  W poprzednim układzie ruch wózków widłowych i pracowników odbywał się w sposób niekontrolowany. Dochodziło do kolizji tras transportowych i przestojów spowodowanych blokowaniem przejazdów.  Rozwiązanie: Wprowadzono system jednokierunkowych tras transportowych oraz wyznaczono strefy buforowe. Algorytmy harmonogramowania przepływów (flow scheduling) wspierały planowanie kursów wózków, a system monitorowania ruchu pozwolił na bieżące wykrywanie spiętrzeń.  5. Problem: Konieczność zaprojektowania układu w warunkach dynamicznych zmian produkcji  Produkcja drewna charakteryzuje się dużą zmiennością – zmieniają się wielkości partii, struktura zamówień oraz typy wyrobów. Stały układ mógłby szybko się zdezaktualizować.  Rozwiązanie: Do zaprojektowania layoutu zastosowano podejście symulacyjne i algorytmy metaheurystyczne, które pozwoliły uwzględnić różne scenariusze obciążenia produkcji. Stworzono elastyczny układ gniazd technologicznych z możliwością rekonfiguracji i rozszerzenia o dodatkowe strefy produkcyjne.  6. Problem: Niewystarczająca kontrola nad zapasami i brak integracji z harmonogramem produkcji  W poprzednim systemie informacje o zapasach magazynowych nie były powiązane z harmonogramami produkcyjnymi. Prowadziło to do przestojów spowodowanych brakiem materiałów lub nadmiernego zapasu w hali.  Rozwiązanie: W nowym magazynie wdrożono system monitorowania stanów w czasie rzeczywistym oraz algorytmy progów minimalnych. Stany magazynowe zostały sprzężone z harmonogramem produkcji, co umożliwiło planowanie dostaw wewnętrznych i uniknięcie zarówno braków, jak i nadmiarów.  7. Problem: Potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa pracowników przy wzmożonym ruchu transportowym  Zwiększona intensywność transportów stwarzała ryzyko wypadków i kolizji w hali.  Rozwiązanie: W nowym układzie zastosowano zasady safety by design: strefy rozładunku i załadunku oddzielono od stref pracy operatorów, a ścieżki transportowe oznakowano zgodnie z normami BHP. Ponadto wprowadzono buforowe strefy zatrzymań, które zwiększyły bezpieczeństwo ruchu. | | | |
| ***Podstawowe prace o charakterze twórczym w projekcie*** | Projektowanie nowego układu hali i magazynu Zastosowano algorytmy optymalizacyjne do rozmieszczenia maszyn, regałów i stref pracy. Twórczym elementem było przygotowanie kilku wariantów layoutu, które następnie poddano analizom symulacyjnym, aby wskazać układ minimalizujący trasy transportowe i ryzyko kolizji.  Reorganizacja przepływu materiałów Opracowano nowy model strumienia materiałowego oparty na zasadzie „flow line”. Twórcza praca polegała na przeprojektowaniu kolejności stanowisk i ich logicznym powiązaniu z magazynem drewna oraz gniazdami produkcyjnymi. Dzięki temu ograniczono liczbę przeładunków i zbędnych przemieszczeń.  Opracowanie algorytmicznego modelu magazynowania Dla nowego magazynu drewna opracowano układ regałów wspornikowych z wykorzystaniem algorytmów bin packing oraz analizy ścieżek najkrótszych. Była to praca twórcza, polegająca na takim zaprojektowaniu stref przyjęć, składowania i wydań, aby zapewnić największą możliwą pojemność i ergonomię przy minimalnym ruchu transportowym.  Stworzenie systemu jednokierunkowego ruchu wewnętrznego Wypracowano nową organizację transportu wewnętrznego, opartą na trasach jednokierunkowych i strefach buforowych. Wymagało to twórczego podejścia, polegającego na łączeniu wyników badań symulacyjnych z normami BHP i ergonomii pracy.  Optymalizacja pod kątem bezpieczeństwa i jakości Zastosowano zasady *safety by design* – już na etapie projektowania layoutu uwzględniono scenariusze potencjalnych kolizji i zagrożeń. Strefy krytyczne zostały przeprojektowane na podstawie wyników symulacji ruchu, co ograniczyło ryzyko uszkodzeń transportowych oraz zwiększyło bezpieczeństwo pracowników.  Tworzenie i walidacja scenariuszy produkcyjnych Przy użyciu symulacji komputerowych opracowano scenariusze funkcjonowania hali przy różnych obciążeniach produkcji. Twórcze było tu przygotowanie modelu, który umożliwiał dynamiczne przeplanowanie przepływów materiałowych i reorganizację gniazd technologicznych w zależności od struktury zamówień.  Integracja układu magazynowego z harmonogramem produkcji Opracowano system monitorowania zapasów magazynowych, który w sposób twórczy powiązano z harmonogramem produkcji. Dzięki temu możliwe stało się dynamiczne planowanie dostaw wewnętrznych i unikanie przestojów wynikających z braków materiałowych. | | | |
| ***Poziom innowacyjności projektu*** | **Innowacja w skali przedsiębiorstwa** | | **Innowacja w skali kraju** | |
| Tak | | Nie | |
| ***Podsumowanie projektu*** | Przedsięwzięcie obejmowało rozbudowę hali produkcyjnej o dodatkowe 680 m², modernizację magazynu drewna oraz całkowitą reorganizację układu stanowisk i przepływów materiałowych.  Kluczowym elementem była zmiana organizacji ruchu w hali oraz zaprojektowanie nowego magazynu z wykorzystaniem algorytmów optymalizacyjnych, co pozwoliło na opracowanie układu minimalizującego trasy transportowe i eliminującego kolizje.  W wyniku prac badawczo-rozwojowych powstało innowacyjne rozwiązanie integrujące infrastrukturę produkcyjną z logistyką wewnętrzną. Magazyn drewna stał się centralnym węzłem strumienia produkcji, a jego układ – zaprojektowany przy użyciu metod bin packing i symulacji przepływów – zapewnił większą pojemność, lepszą ergonomię oraz bezpieczeństwo obsługi. Jednocześnie reorganizacja hali umożliwiła liniowy przebieg procesów obróbki drewna, co znacznie skróciło czas cyklu produkcyjnego i zmniejszyło liczbę przeładunków.  Rezultatem projektu było ograniczenie uszkodzeń transportowych, wzrost wydajności pracy oraz poprawa bezpieczeństwa pracowników dzięki wdrożeniu jednokierunkowego systemu ruchu. Nowy układ pozwolił również na lepsze powiązanie stanów magazynowych z harmonogramem produkcji, co przełożyło się na eliminację przestojów i redukcję kosztów operacyjnych.  Projekt dostarczył także wartości niematerialnych – przedsiębiorstwo uzyskało nową wiedzę w zakresie wykorzystania algorytmów optymalizacyjnych i symulacji komputerowych w projektowaniu layoutu produkcyjnego. Opracowane know-how stanowi bazę do dalszych działań innowacyjnych i umożliwia firmie samodzielne rozwijanie przyszłych inicjatyw modernizacyjnych.  Podsumowując, projekt poprzez poprawę efektywności procesów, lepsze wykorzystanie zasobów oraz wprowadzenie rozwiązań organizacyjnych opartych na nowoczesnych narzędziach inżynieryjnych i badawczo-rozwojowych – pozwolił na optymalizację procesów produkcyjnych. | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|
|
| **Dokumentacja projektowa (załączniki do karty projektu)** | | | | |
| 1. | Rysunki techniczne obiektów i tras transportowych | | | |
| 2. | Oferty techniczne i handlowe na magazyny składowe | | | |
| 3. | Umowa nr 1/2024 na dostarczenie rozwiązań składowych | | | |
| 4. | Korespondencja mailowa | | | |
| 5. | Analizy koncepcyjne związane z prognozowaniem przepływów produkcyjnych | | | |