



Modelowanie i sterowanie systemami wytwórczymi

redakcja
Antoni Świć
Jerzy Stamirowski

MONOGRAFIE

Modelowanie i sterowanie systemami wytwórczymi

Monografie – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 LUBLIN

Modelowanie i sterowanie systemami wytwórczymi

redakcja
Antoni Świć
Jerzy Stamirowski



Politechnika Lubelska
Lublin 2015

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Miron Czerniec

prof. dr hab. inż. Wiktor Marczuk

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2015

ISBN: 978-83-7947-139-3

Wydawca: Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej

Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej

ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin

tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl

www.biblioteka.pollub.pl

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak

www.agencjatorp.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 100 egz.

SPIS TREŚCI

Marek Kęsy

MODELOWANIE I ANALIZA PRACY SYSTEMÓW WYTWÓRCZYCH
ZA POMOCĄ SIECI PETRIEGO..... 7

Marian Marek Janczarek

EFEKTY ENERGETYCZNE UZYSKANE W TECHNICZNYCH
KOMORACH CIEPLNYCH..... 19

Bogdan Palchevskyi

CONSTRUCTION PRINCIPLES OF INTEGRATED COMPUTER-AIDED
DESIGN OF TECHNOLOGICAL MACHINES 29

Olena Krestianpol

FUNCTIONAL OPTIMIZATION MODELS OF FLEXIBLE
MANUFACTURING SYSTEM OF PACKAGING 40

A. M. Абакумов, Л. А. Мизгачева, А. В. Мизгачев

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ
В УСТАНОВКАХ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА..... 49

A. M. Абакумов, Д. Г. Рандин, Э. Г. Чеботков, В. А. Тараненко

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ С УПРАВЛЯЕМЫМ
ДЕМПФЕРОМ..... 56

Jerzy Stamirowski , Antoni Świć

ZARYS EKSPERTOWEGO SYSTEMU WSPOMAGAJĄCEGO
PROJEKTOWANIE ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMÓW
OBRÓBKOWYCH (ZSO) 65

Ewelina Kosicka, Dariusz Mazurkiewicz

KOMPUTEROWE WSPARCIE PROCESÓW PREWENCYJNEGO
UTRZYMANIA RUCHU – ANALIZA PRZYPADKU 77

Kazimierz Szatkowski, Patryk Langiewicz

PROPOZYCJA MODERNIZACJI URZĄDZENIA
STOJAKOWO-PODPOROWEGO PEGAZ 87

Kazimierz Szatkowski

PROPOZYCJA USPRAWNIENIA ORGANIZACJI
PRACY NARZĘDZIOWNI W FIRMIE STADLER POLSKA..... 98

Мария Начева

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ
СРЕДУ БУРОВОГО ШЛАМА ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ НА ШЕЛЬФЕ
ЧЕРНОГО МОРЯ..... 109

Tomasz Łusiak, Dariusz Kasperek, Krzysztof Kłos

WYBRANE PROBLEMY OPTIMALIZACJI
PROCESÓW MONTAŻOWYCH POJAZDÓW 113

MODELOWANIE I ANALIZA PRACY SYSTEMÓW WYTWÓRCZYCH ZA POMOCĄ SIECI PETRIEGO

1. WSTĘP

Przemiany cywilizacyjne rozpatrywane w wymiarze technicznym, ekonomicznym i społecznym, wywołują konieczność dostosowania systemów wytwórczych do standardów eksploatacyjnych, które wyznaczane są przez szybki i wielokierunkowy postęp techniczny, prawa ekonomiczne obowiązujące w funkcjonującej w wymiarze globalnym gospodarce rynkowej oraz przemiany kulturowe społeczeństwa. Powyższe tendencje wywołują konieczność stosowania wydajnych i jednocześnie elastycznych technologicznie systemów wytwórczych oraz zastosowanie efektywnych metod i technik wspomagających procesy produkcyjne w obszarach projektowych i wytwarzania.

Coraz większa złożoność systemów wytwórczych, przy jednoczesnej tendencji do ich pełnej automatyzacji i autonomii procesowej, wymuszają konieczność dużej staranności projektowej, uwzględniającej dużą liczbę parametrów wejściowych oraz warunków i zależności przyczynowych. Ilość uwzględnianych parametrów powoduje, że w procesie projektowania systemów wytwórczych sama wiedza teoretyczna poparta znajomością metod i algorytmów optymalizacyjnych staje się niewystarczająca, zaś długotrwałe próby doświadczalne bazujące na wyłączonych z eksploatacji zasobach produkcyjnych, stają się irracjonalne ekonomicznie. Rozwiązaniem wydaje się więc umiejętne zastosowanie systemów informatycznych w zakresie modelowania i symulacji pracy systemów wytwórczych.

2. MODELOWANIE I SYMULACJA KOMPUTEROWA

Wzrastające możliwości obliczeniowe komputerów sprzyjają tworzeniu systemów informatycznych, których cechy funkcjonalne pozwalają na odtworzenie lub przewidywanie przebiegu wielu zjawisk, procesów fizycznych

¹ Politechnika Częstochowska, Instytut Technologii Mechanicznych,
e-mail: mar_kes@poczta.onet.pl; kesy@itm.pcz.pl

lub symulowanie działań pewnych układów czy urządzeń [1]. Powoduje to, iż możliwe staje się zastosowanie systemów informatycznych w wielu obszarach życia człowieka, eliminując lub w znacznym stopniu ograniczając procesy realne. Przykładem powyższej praktyki mogą być, oparte o modelowanie i symulacje komputerowe: badania naukowe, projektowanie nowych wyrobów lub procesów ich wytwarzania oraz prace związane z organizacją systemów wytwórczych.

Podstawowa definicja symulacji określa ją jako odmianę modelowania polegającą na wywołaniu lub obserwowaniu zjawiska analogicznego do zjawiska badanego, lecz z różnych względów „trudnego” do wywołania w warunkach naturalnych. Symulacja w powyższym rozumieniu niejako odtwarza właściwości obiektu, zjawiska lub procesu za pomocą jego modelu. Jej istotą jest odtwarzanie naturalnych procesów w sztucznie stworzonych warunkach [2]. Szczególnym rodzajem symulacji jest symulacja komputerowa, prezentowana w rozumieniu [na podst.: 3, 4]:

- prowadzonych przy użyciu komputera eksperymentów, na uprzednio zbudowanym modelu analizowanego obiektu lub procesu,
- sztucznego odtworzenia właściwości zjawiska występującego w naturze.

Wykorzystanie symulacji komputerowej wymaga utworzenia modelu. W procesie modelowania tworzony jest układ symulacyjny, którego zadaniem jest imitowanie wyróżnionych cech układu rzeczywistego. Zastosowany poziom dekompozycji modelowanego układu oraz stopień szczegółowości odwzorowania jego elementów składowych zależy od celu symulacji i potrzeb analizy. Zbyt dokładne odzwierciedlenie rzeczywistości nie zawsze jest konieczne, a czasami jest wręcz niepożądane. Większa szczegółowość modelu prowadzi do wzrostu pracochłonności modelowania, zwiększa ilość przetwarzanych danych, powodując spowolnienie eksperymentu symulacyjnego [na podst. 5].

Złożoność współczesnych procesów i zjawisk technicznych powoduje konieczność tworzenia nowych lub udoskonalania istniejących systemów informatycznych specjalizujących się w rozwiązywaniu lub wspomaganiu różnorodnych problemów praktycznych. Ich możliwości aplikacyjne w dużym stopniu uzależnione są od, stanowiących podstawę obliczeń, standardowych lub nowatorskich narzędzi analitycznych. Jednym z nich wydaje się teoria sieci Petriego.

3. SIECI PETRIEGO

Jednym z uniwersalnych narzędzi służących do modelowania i analizy pracujących współbieżnie systemów są sieci Petriego, stanowiąc graficzne i matematyczne narzędzie o dużej uniwersalności i elastyczności zastosowań.

Rozwój teorii z zakresu reprezentacji graficznej i analizy pracy modelowanych systemów spowodował powstanie różnych klas sieci (np. znakowane, uogólnione, miejsc i przejść, priorytetowe, czasowe, kolorowane), warunkując szeroki obszar ich użyteczności [6, 7]. Przykładami praktycznego zastosowania sieci Petriego są m.in. zadania z zakresu projektowania i eksploatacji systemów informatycznych [6, 7], planowania i sterowania przepływem produkcji np. w obiektach chemicznych, systemach produkcji zmiennoseryjnej czy elastycznych systemach produkcyjnych [8, 9, 10], modelowania i analizy procesów technologicznych montażu [11, 12].

Stosunkowo prosta i intuicyjna reprezentacja graficzna, zasadniczo wspólna dla wszystkich klas sieci, może być wykorzystana w zakresie modelowania złożonych systemów, stanowiąc jednocześnie podstawę symulacji ich pracy, dzięki czemu matematyczny model staje się symbolicznym prototypem ich realnych odpowiedników. Specyfika sieci Petriego wyraża się symbolicznym sposobem reprezentacji modelowanych obiektów. Powoduje to z jednej strony brak możliwości wizualnego ich rozróżniania, dając jednocześnie możliwość jednorodnej reprezentacji obiektów na różnych poziomach abstrakcji. Sieci Petriego charakteryzuje intuicyjny język modelowania, wspierany przez zaawansowane metody formalnej analizy ich właściwości. Reprezentacje sieciowe pozwalają w specjalny sposób sprawdzić właściwości modelowanych systemów i uzyskać dowody poprawności jego funkcjonowania. Naturalnym zjawiskiem w sieciach Petriego jest niezależność wykonywanych procesów, dlatego też są one najczęściej postrzegane jako matematyczne narzędzie służące do modelowania procesów współbieżnych [na podst. 6, 9, 13, 14].

4. ZASADY FUNKCJONOWANIA I ANALIZY SIECI PETRIEGO

Wśród licznej grupy klas sieci Petriego, jedną z najczęściej stosowanych są sieci miejsc i przejść (PT-sieci). Są one podstawowym językiem modelowania współbieżności i synchronizacji procesów dyskretnych, stanowiąc zarazem punkt wyjścia do definiowania wielu innych klas sieci niskiego poziomu. Najistotniejsze cechy PT-sieci, to prosta ich struktura oraz duża różnorodność i łatwość stosowania metod analizy. Podstawowym ograniczeniem PT-sieci jest brak parametru czasu wbudowanego w ich semantykę, co ogranicza ich zastosowanie do modelowania systemów, w których istnieje konieczność ilościowego opisu zależności czasowych [6, 7].

Siecią miejsc i przejść nazywa się uporządkowany wektor postaci $\mathbb{N} = (P, T, A, K, W, Mo)$, jeżeli spełnione są następujące warunki:

- (1) $\mathbb{N} = (P, T, A)$ – jest siecią,
- (2) P – jest niepustym zbiorem miejsc,
- (3) T – jest niepustym zbiorem przejść (tranzycji), takim że $P \cap T = \emptyset$,
- (4) A – jest zbiorem łuków,

- (5) $W: A \rightarrow N$ – jest funkcją wag łuków,
- (6) $K: P \rightarrow N \cup \{\infty\}$ – jest funkcją pojemności miejsc,
- (7) $M_0: P \rightarrow Z^+$ – jest znakowaniem początkowym sieci N spełniającym dodatkowo warunek: $\forall p \in P: M_0(p) \leq K(p)$.

Sieć Petriego przedstawiana jest jako graf dwudzielny. Struktura sieci zawiera dwa rodzaje węzłów i zdefiniowane zależności między nimi. Miejsca sieci reprezentowane są graficznie za pomocą elips, zaś przejścia za pomocą prostokątów. Relacje pomiędzy węzłami sieci reprezentowane są za pomocą łuków, które oznaczane są za pomocą strzałek łączących miejsca z przejściami, i odwrotnie – przejścia z miejscami. Wagi łuków przedstawiane są jako etykiety umieszczane przy odpowiednich łukach, przy czym w opisie sieci pomijane są wagi równe jedności. Znakowanie początkowe M_0 sieci przyporządkowuje każdemu miejscu nieujemną liczbę całkowitą, interpretowaną jako liczba znaczników umieszczonych wstępnie w danym miejscu. Znaczniki reprezentowane są za pomocą kropek umieszczonych wewnątrz elips lub za pomocą etykiet zawierających informację o liczbie znaczników. Na poszczególne miejsca sieci można nałożyć ograniczenia ich pojemności, tzn. zdefiniować maksymalną liczbę znaczników, które mogą gromadzić [6, 7].

Znakowanie sieci ulega zmianie w wyniku wykonywania przejść. Wprowadzenie ograniczonej pojemności miejsc ma wpływ na definicję aktywności przejść sieci. W przypadku PT sieci aktywność przejścia jest uzależniona od przyjętej reguły jego wykonania. Przyjmuje się trzy reguły wykonania przejść, tj.: słabą, średnią oraz mocną. Analizując dynamiczne własności PT sieci, należy z góry przyjąć, która z reguł wykonywania przejść będzie obowiązywać dla wszystkich przejść tej sieci. Jeżeli dane przejście jest M -aktywne, to nowe znakowanie $M'(p)$, uzyskane w wyniku wykonania tego przejścia, jest określone w następujący sposób [6]:

$$M'(p) = \begin{cases} M(p) - W(p, t) & \text{gdy } p \in \text{In}(t) - \text{Out}(t) \\ M(p) + W(t, p) & \text{gdy } p \in \text{Out}(t) - \text{In}(t) \\ M(p) - W(p, t) + W(t, p) & \text{gdy } p \in \text{In}(t) \cap \text{Out}(t) \\ M(p) & \text{w pozostałych przypadkach} \end{cases} \quad (1)$$

gdzie: $\text{In}(t)$ – zbiór miejsc wejściowych przejścia t ,
 $\text{Out}(t)$ – zbiór miejsc wyjściowych przejścia t .

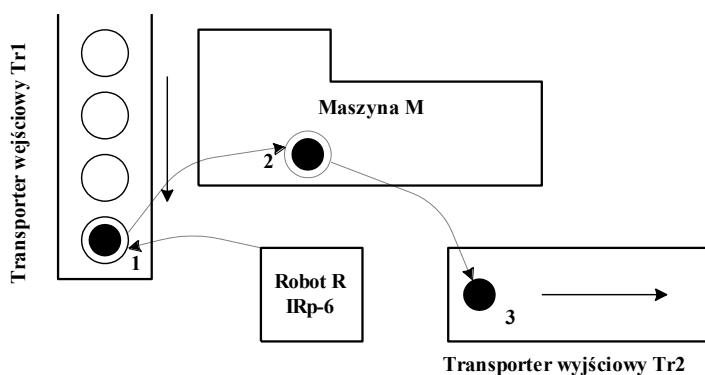
Podstawową zaletą stosowania sieci Petriego jest możliwość dokonania formalnej analizy stworzonego modelu. Analiza taka daje informacje dotyczące właściwości sieci, których interpretacja wskaże na charakterystyczne cechy modelowanych systemów. Metody analizy sieci podzielić można na dwie podstawowe grupy:

- metody oparte na analizie zbioru osiągalnych znakowań przyjmujące formę grafu lub drzewa osiągalności, bądź grafu lub drzewa pokrycia;
- metody związane z algebraiczną reprezentacją sieci.

5. MODELOWANIE SYSTEMU WYTWARZANIA ZA POMOCĄ SIECI PETRIEGO

Możliwość zastosowania sieci Petriego w zakresie modelowania i analizy pracy systemów wytwórczych przedstawiono na przykładzie gniazda złożonego z maszyny M, transportera wejściowego Tr1 i wyjściowego Tr2, oraz integrującego proces obróbki - robota przemysłowego R. Przedstawiona na rys.1 struktura systemu wytwórczego jest typową, spotykaną w elastycznych gniazdach produkcyjnych wyposażonych w wolno stojący robot przemysłowy. Maszyna M stanowi podsystem wytwarzania, robot przemysłowy R to podsystem manipulacji, z kolei transportery wejściowy Tr1 i wyjściowy Tr2 to elementy podsystemu składowania i transportu. Przyjętym celem modelowania było zaprojektowanie gniazda warunkujące jego pracę w warunkach tzw. cyklu półautomatycznego, tzn. możliwość pełnej pracy automatycznej w przyjętym okresie czasu [na podst.15].

W cyklu produkcyjnym, półfabrykat pf oczekujący na transporterze Tr1 pobierany jest przez robot R i następnie przenoszony do obszaru roboczego maszyny M, gdzie zostaje poddany procesowi obróbki. Zakończenie cyklu obróbki wywołuje konieczność pobrania wyrobu wg przez robot i przeniesienia go na transporter Tr2.

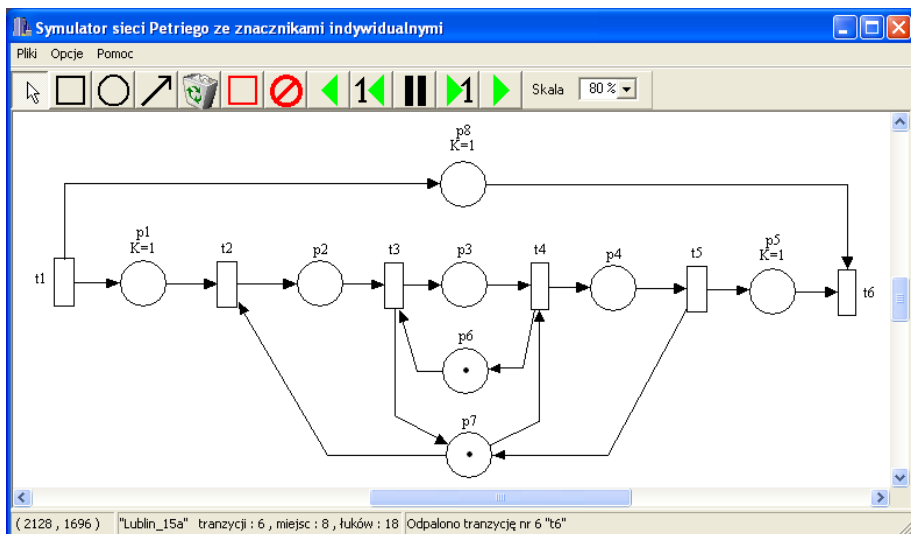


Rys. 1. Schemat zrobotyzowanego gniazda wytwórczego

Punktem wyjścia jest określenie specyfikacji problemu wyjściowego. Jedną z możliwych tego typu reprezentacji jest specyfikacja oparta na zależnościach przyczynowych występujących w modelowanym systemie wytwarzania [10].

R1: IF	pf na Tr1	AND R wol	THEN pf na R	AND Tr1 wol
R2: IF	pf na R	AND M wol	THEN pf na M	AND R wol
R3: IF	wg na M	AND R wol	THEN wg na R	AND M wol
R4: IF	wg na R	AND Tr2 wol	THEN wg na Tr2	AND R wol
R5: IF	wg na Tr2	AND Tr1 wol	THEN pf na Tr1	AND Tr2 wol

Powyższa synteza procesowa stanowiła podstawę modelowania gniazda za pomocą sieci Petriego klasy PT, w programie „Symulator sieci Petriego ze znacznikami indywidualnymi” [16].



Rys. 2. Modelowanie pracy gniazda wytwórczego za pomocą sieci Petriego klasy miejsci przejść (PT-sieci)

W procesie modelowania gniazda wytwórczego wykorzystano podstawowe prawidłowości z zakresu opisu dwustanowej pracy urządzeń. W metodyce sieci Petriego stany takie reprezentowane są przez dwa miejsca oznaczające stan oczekiwania i stan pracy. Wykorzystując powyższy elementarny model pracy urządzenia oraz zależności procesowe opracowano sieć modelującą gniazdo (rys.2), zaś opis pracy systemu w notacji sieci zaprezentowano poniżej.

IF p1(0) AND p8(0)	THEN t1
IF t1	THEN p1(1) AND p8(1)
IF p1(1) AND p7(1)	THEN t2
IF t2	THEN p1(0) AND p7(0) AND p2(1)
IF p2(1) AND p6(1)	THEN t3
IF t3	THEN p3(1) AND p6(0) AND p7(1)
IF p3(1) AND p7(1) AND p1(0)	THEN t4
IF t4	THEN p4(1) AND p6(1) AND p7(0)
IF p4(1) AND p7(0)	THEN t5
IF t5	THEN p5(1) AND p7(1)
IF p5(1) AND p8(1)	THEN t6
IF t6	THEN p5(0) AND p8(0)

Przedstawiony na rys. 2 model zrobotyzowanego gniazda wytwórczego składa się ze zbioru 8 miejsc $P = \{p1, \dots, p8\}$, zbioru 6 przejść $T = \{t1, \dots, t6\}$ oraz łuków o wadze równej jedności. Na wybrane miejsca sieci $\{p1, p5, p8\}$ nałożono ograniczenia ich pojemności ($K=1$). Znaczenie poszczególnych stanów sieci (miejsce) oraz wykonywanych czynności (przejść) przedstawiono poniżej.

Stany systemu produkcji – miejsca pi sieci PT:

- p1: półfabrykat znajduje się w pozycji pobrania na transporterze Tr1,
- p2: robot transportuje półfabrykat z transportera Tr1 na maszynę M,
- p3: maszyna zajęta (cykl maszynowy),
- p4: robot transportuje wyrób z maszyny M do transportera wyjściowego Tr2,
- p5: wyrób odłożony przez robot na transporter Tr2,
- p6: maszyna technologiczna w stanie wolnym,
- p7: robot w stanie wolnym,
- p8: indeksowanie synchronizatora transporterów Tr1 i Tr2.

Czynności realizowane w systemie wytwórczym – przejścia tj sieci PT:

- t1: przemieszczenie transportera Tr1 (półfabrykat pozycjonowany do pozycji pobrania przez robot),
- t2: pobranie półfabrykatu z transportera Tr1 przez robot,
- t3: odłożenie półfabrykatu na maszynę M, wycofanie robota z obszaru roboczego maszyny, załączenie cyklu maszynowego M,
- t4: zakończenie cyklu obróbczego na maszynie M, pobranie wyrobu przez robot,
- t5: odłożenie wyrobu przez robot na stanowisko transportera Tr2,
- t6: przemieszczenie transportera Tr2.

Stany maszyny technologicznej wyznaczone są przez miejsca: p3, które określa stan efektywnej pracy („maszyna zajęta”) oraz miejsce p6 opisujące stan oczekiwania („maszyna wolna”). Z kolei stany obsługującego proces robota przemysłowego wyznaczone są przez trzy miejsca sieci, tzn.: p7 – stan oczekiwania

„robot wolny” oraz p2 i p4 – opisujące czynności transportowe związane z przemieszczaniem odpowiednio półfabrykatu z transportera Tr1 na maszynę M oraz wyrobu po obróbce z maszyny M na transporter Tr2. Czynności wykonywane przez robot nie są jednoznacznie zdefiniowane, co wykazuje konflikt przejść t2 i t4. Jednoznaczność procesową zapewniono przez umieszczenie nowego elementu, tzn. urządzenia synchronizującego pracę transporterów (miejsce p8).

6. ANALIZA PRACY MODELOWANEGO SYSTEMU WYTWÓRCZEGO

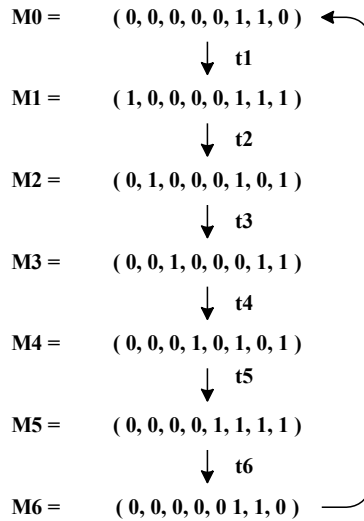
Podstawowym etapem analizy sieci Petriego jest interpretacja jej właściwości. Zwyczajność, jednorodność, konserwatyzm, spójność, ograniczoność czy żywotność – to przykłady atrybutów opisujących właściwości sieci, będące konsekwencją zaprojektowanej struktury, zdefiniowanych relacji i zależności przyczynowych czy wprowadzonych ograniczeń.

6.1. ANALIZA ZBIORU OSIĄGALNYCH ZNAKOWAŃ

Stan wyjściowy gniazda wytwórczego wyznaczają wolne stanowiska załadunkowe transporterów Tr1 i Tr2 oraz gotowość procesowa maszyny technologicznej i robota przemysłowego, co zapisać można w notacji znakowania początkowego sieci Petriego $M_0 = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0)$. Symulacja pracy sieci Petriego według kolejności wykonywanych przejść powoduje zmianę znakowania.

Analizę zbioru osiągalnych znakowań oparto o sporządzony graf osiągalności sieci, przedstawiony w postaci grafu skierowanego, którego węzłami są poszczególne znakowania, zaś łuki prowadzące od jednego znakowania do drugiego etykietowane są nazwami wykonywanych przejść, rys.3.

Przedstawiony graf osiągalności wskazuje na sekwencyjność procesową, brak stanów konfliktowych, brak niejednoznaczności kolejnościowej realizowanych procesów oraz odtwarzalność znakowania początkowego. Modelująca system wytwórczy sieć jest siecią bezpieczną i żywą – co wskazuje na możliwość jego pracy w cyklu automatycznym.



Rys. 3. Graf osiągalności modelowanego systemu wytwórczego

6.2. ALGEBRAICZNA REPREZENTACJA SIECI

Strukturę sieci można przedstawić za pomocą macierzy wejść i wyjść oraz znakowania początkowego. Reprezentacja ta pozwala również wyznaczyć tzw. macierz incydencji, na podstawie której można obliczyć tzw. niezmienniki sieci.

Jednym z ważniejszych etapów analizy właściwości sieci Petriego jest wyznaczenie niezmienników miejsc i przejść, tzn. pewnych charakterystycznych wektorów opisujących w sposób ilościowy podstawowe cechy sieci takie jak: ograniczoność, zachowawczość oraz żywotność. Dwie pierwsze cechy kojarzone są z warunkującym bezpieczeństwo procesowe brakiem niepożądanych stanów w czasie pracy sieci, z kolei żywotność określa ciągłość jej działania.

Niezmienniki miejsc wyrażają pewne stałe właściwości znakowań osiągalnych w danej sieci, wyznaczając zbiory miejsc sieci, w których łączna (ewentualnie ważona) liczba znaczników nie ulega zmianie. Zbiór tych miejsc sieci, którym odpowiadają niezerowe współrzędne niezmiennika nazywa się nośnikiem niezmiennika, zaś podsieć wyznaczona przez ten zbiór, siecią reprezentacją niezmiennika. W pracy sieci interesujące są nie tylko miejsca sieci gromadzące stałe ilości znaczników, ale także pewne ciągi przejść, które prowadzą od znakowania M powrotnie do niego samego, wskazując na cechę powtarzalności pracy sieci. Istnienie powyższych stanów przejść warunkuje cykliczność pracy sieci, co spełnione jest dla pewnych charakterystycznych sekwencji wykonywanych przejść noszących nazwę niezmienników przejść [6].

Poniżej przedstawiona została macierz incydencji M_{inc} opisująca pracę sieci modelującej analizowany system wytwórczy.

Tab. 1. Macierz incydencji projektowanej sieci

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	
Minc =	1	0	0	0	0	0	0	1	t1
	-1	1	0	0	0	0	-1	0	t2
	0	-1	1	0	0	-1	1	0	t3
	0	0	-1	1	0	1	-1	0	t4
	0	0	0	-1	1	0	1	0	t5
	0	0	0	0	-1	0	0	-1	t6

Macierz incydencji daje możliwość analitycznego obliczenia kolejnych znakowań sieci oraz wyznaczenia niezmienników sieci. Wyznaczenie kolejnych znakowań sieci prowadzono według zależności [8, 10]:

$$M(i+1) = M(i) + e(t) \cdot \text{Minc} \quad (2)$$

gdzie: $e(t)$ – wektor jednostkowy opisujący wykonanie określonego przejścia.

Przykładową zmianę stanów sieci przedstawia poniższe zestawienie:

$$M0 = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0)$$

$$e(t1) = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0),$$

$$e(t) \cdot \text{Minc} = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)$$

$$M1 = (0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0) + (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1) = (1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 1)$$

Opracowany w symulatorze sieci Petriego model stanowił podstawę do obliczeń prowadzonych w analizatorze INA. Poniżej przedstawiono wyznaczone wektory niezmienników sieci, które stanowiły podstawę do analizy pracy, prowadzonej w kontekście sposobu funkcjonowania systemu wytwórczego.

Tab. 2. Niezmienniki miejsc analizowanej sieci Petriego

Niezmiennik miejsc Ip	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
Ip1	0	0	1	0	0	1	0	0
Ip2	0	1	0	1	0	0	1	0
Ip3	1	1	1	1	1	0	0	-1
Ip4 = Ip1 + Ip2	0	1	1	1	0	1	1	0

Niezmiennik miejsc Ip1 opisuje dwustanowość pracy maszyny M. Niezmiennik miejsc Ip2 reprezentuje stany procesowe robota przemysłowego R. Z kolei niezmiennik Ip3 interpretować można w kontekście procesu przepływu materiału przez gniazdo wytwórcze. Istotnym interpretacyjnie może być także wyznaczony niezmiennik $Ip4 = Ip1 + Ip2$, reprezentujący bezkolizyjność współpracy maszyny M i robota przemysłowego R. Fakt pokrycia całej sieci przez jej niezmienniki miejsc wskazuje o jej procesowym bezpieczeństwie.

W pracy sieci interesujące są te ciągi przejść, które prowadzą od znakowania M powrotnie do niego samego, opisywane formalnie za pomocą tzw. niezmienników przejść.

Tab. 3. Niezmienniki przejść analizowanej sieci Petriego

Niezmiennik przejść It	t1	t2	t3	t4	t5	t6
$It1$	1	1	1	1	1	1

W przypadku analizowanego systemu wyznaczony został jeden wektor charakterystyczny $It1$, wskazujący na sekwencję procesową oraz możliwość cyklicznej pracy gniazda w cyklu automatycznym. Stanowi to potwierdzenie wniosku wynikającego z analizy grafu osiągalności. Symulacja pracy systemu wskazuje zarazem, iż powyższy stan pracy systemu uzyskuje się przy ściśle ustalonej kolejności realizowanych zadań i czynności.

7. WNIOSKI

Przedstawiona metoda modelowania i analizy pracy projektowanego systemu wytwórczego stanowi proste i intuicyjne w zastosowaniu narzędzie matematyczne. Symboliczny opis modelowanych systemów wskazuje na uniwersalizm aplikacyjny, powodując że jest on zrozumiały dla niespecjalistów. Możliwość zastosowania opisu zależności przyczynowych za pomocą matematycznej reprezentacji sieci wpływa na efektywność prowadzonych analiz. Efektywność zaprezentowanej metodyki projektowej zwiększyć można przez zastosowanie programów symulacyjnych oraz analizatorów sieci Petriego.

Dużą zaletą sieci Petriego jest możliwość uzyskania rozwiązań optymalnych w drodze sekwencyjnie prowadzonych prób i analiz symulacyjnych. Pojawiające się problemy i ograniczenia stanowią podstawę dla opracowania nowych klas sieci, specjalizujących się w rozwiązywaniu coraz bardziej złożonych problemów.

LITERATURA

- [1] RACZYŃSKA M.: *Symulacja komputerowa w procesie kształcenia*. [w:] Dydaktyka Informatyki, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 2010.
- [2] FURMANEK W.: *Symulacje, gry symulacyjne w dydaktyce*. [w:] Dydaktyka Informatyki, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 2010.
- [3] KRUPA K.: *Modelowanie, symulacja i prognozowanie*. WNT, Warszawa, 2008.
- [4] PIECUCH A.: *Ucieczka od rzeczywistości czy przybliżenie rzeczywistości – modelowanie i symulacja komputerowa*. [w:] Dydaktyka Informatyki, Wyd. Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 2010.
- [5] ZDANOWICZ R.: *Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
- [6] SZPYRKA M.: *Sieci Petriego w modelowaniu i analizie systemów współbieżnych*. WNT, Warszawa, 2008.
- [7] SZMUC T., SZPYRKA M. (red.): *Metody formalne w inżynierii oprogramowania systemów czasu rzeczywistego*. WNT, Warszawa, 2010.
- [8] BANASZAK Z., JAMPOLSKI L.: *Komputerowo wspomagane modelowanie elastycznych systemów produkcyjnych*. WNT, Warszawa, 1991.
- [9] BANASZAK Z., KUS J., ADAMSKI M.: *Sieci Petriego. Modelowanie, sterowanie i synteza systemów dyskretnych*. Wyd. WSI, Zielona Góra, 1993.
- [10] BANASZAK Z., MAJDZIK P., WÓJCIK R.: *Procesy współbieżne*. Wyd. Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2008.
- [11] ŁUNARSKI J., SZABAJKOWICZ W.: *Automatyzacja procesów technologicznych montażu*. WNT, Warszawa, 1993.
- [12] ŻUREK J., KNAST P.: *Modelowanie procesów technologicznych montażu za pomocą sieci Petriego*. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1998.
- [13] REISIG W.: *Sieci Petriego*. WNT, Warszawa, 1988.
- [14] STARKE P.: *Sieci Petri*. PWN, Warszawa, 1987.
- [15] ZDANOWICZ R.: *Robotyzacja dyskretnych procesów produkcyjnych*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2011.
- [16] WITAS P.: *Symulator sieci Petriego ze znacznikami indywidualnymi*. Praca magisterska. Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki, Warszawa, 2003.

WYKORZYSTANE OPROGRAMOWANIE

- [1] WITAS P.: *Symulator sieci Petriego ze znacznikami indywidualnymi*.
- [2] ROCH S., STARKE P.H.: *Analizator sieci Petriego INA*.

EFEKTY ENERGETYCZNE UZYSKANE W TECHNICZNYCH KOMORACH CIEPLNYCH

1. WSTĘP

Projektowanie technicznej komory cieplnej, domu czy też dowolnego obiektu budowlanego ze względu na ich ochronę cieplną, wymaga znajomości zasad i procesów opisywanych przez fizykę budowli. Budowle a w szczególności komory techniczne powinny spełniać wymagania związane z oszczędzaniem energii niezbędnej do ich eksploatacji przy jednoczesnym zachowaniu komfortu cieplnego w pomieszczeniach. Nieznajomość procesów cieplnych występujących w obiektach budowlanych a w szczególności nie dotrzymywanie poziomu wartości współczynników przewodzenia ciepła przez przegrody, może doprowadzić do marnotrawienia stale drożejącej energii a tym samym do nadmiernego zanieczyszczania powietrza atmosferycznego.

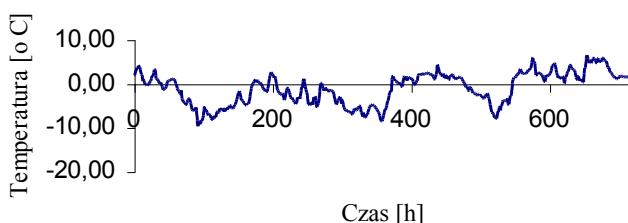
Problem oszczędzania energii w dzisiejszych czasach staje się jeszcze bardziej istotny niż w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy to po raz pierwszy pojawił się kryzys energetyczny związany z konfliktem zbrojnym na Bliskim Wschodzie. Konflikt ten trwa nieprzerwanie do dnia dzisiejszego a związany jest z dostępem i kontrolą nad źródłami konwencjonalnej energii.

2. DYNAMIKA TEMPERATURY ATMOSFERYCZNEJ I JEJ WPŁYW NA ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ KOMÓR TECHNICZNYCH

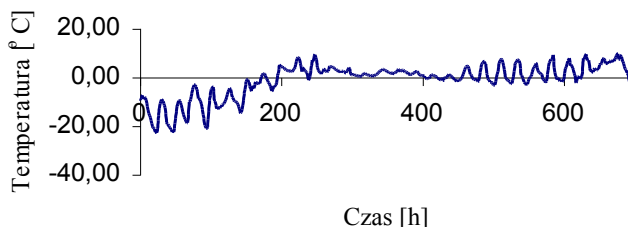
W analizach matematyczno-fizycznych komór technicznych nie brano pod uwagę pojemność cieplną przegrody zewnętrznej przy projekcie i budowie obiektów budowlanych, lecz kierowano się jedynie wytrzymałością konstrukcji a w przypadku ścian zewnętrznych izolacyjnością tych przegród. Umiejętność obliczania ilości wymienianego ciepła oraz utrzymywania temperatury ośrodka ma pierwszorzędne znaczenie dla projektowania a następnie prawidłowego eksploataowania urządzeń w energetyce cieplnej, chłodnictwie, przemyśle spożywczym i w budownictwie.

¹ Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36

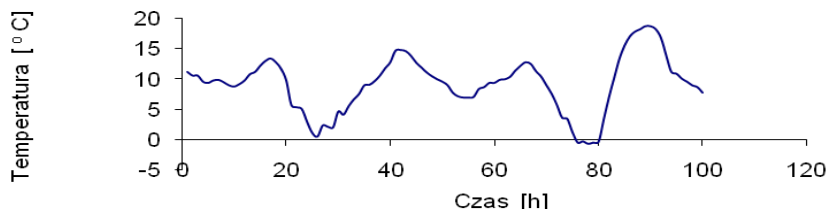
Dotychczas stosowane metody projektowania zewnętrznych przegród obiektów budowlanych uwzględniają warunki klimatyczne niestety tylko w sposób statyczny – określając średnią temperaturę powietrza w regionie. Tymczasem, jak jest powszechnie wiadomo, zmiany temperatury powietrza atmosferycznego są ze swej natury dynamiczne, występuje w nich składowa zmienna dobową, dekadową, miesięczną czy nawet roczną. Na poniższych rysunkach przedstawione są wybrane przebiegi temperatury atmosferycznej zarejestrowane w różnych porach roku w okolicach Lublina. W celu wykazania ich oscylacyjnego charakteru w postaci zmiany sinusoidalnej zmierzono i przedstawiono również przebieg temperatury w różnych okresach czasu.



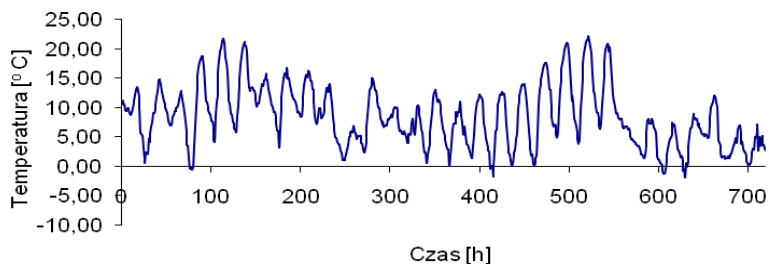
Rys. 1. Przebiegi dobowe temperatury atmosferycznej zarejestrowane w okolicach miasta Lublina w miesiącu styczniu



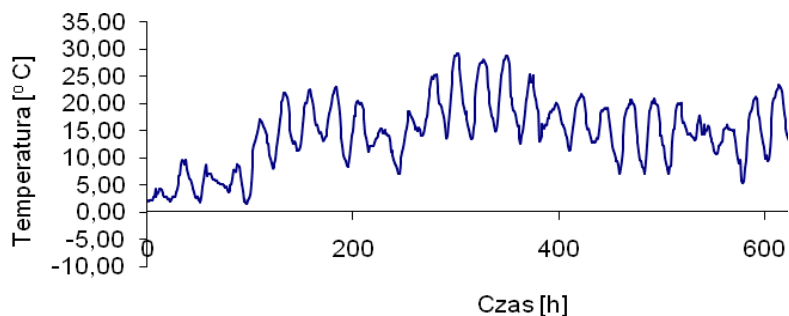
Rys. 2. Przebiegi dobowe temperatury atmosferycznej zarejestrowane w okolicach miasta Lublina w miesiącu marcu



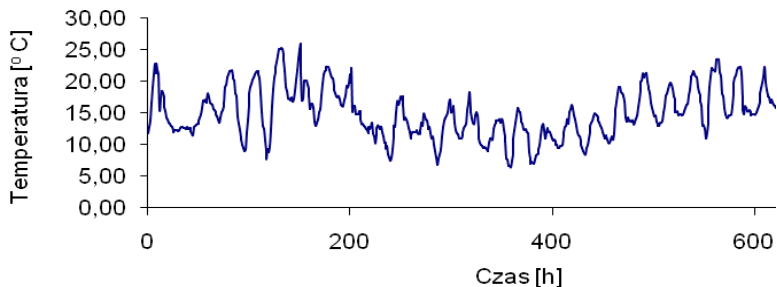
Rys. 3. Przebiegi dobowe temperatury atmosferycznej zarejestrowane w okolicach miasta Lublina w pierwszych trzech dniach miesiąca kwietnia



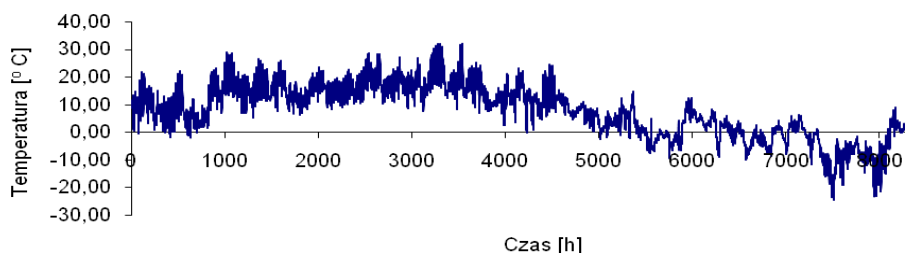
Rys. 4. Przebiegi temperatury atmosferycznej zarejestrowane w okolicach Lublina w miesiącu kwietniu



Rys. 5. Przebiegi temperatury atmosferycznej zarejestrowane w okolicach miasta Lublina w miesiącu maju

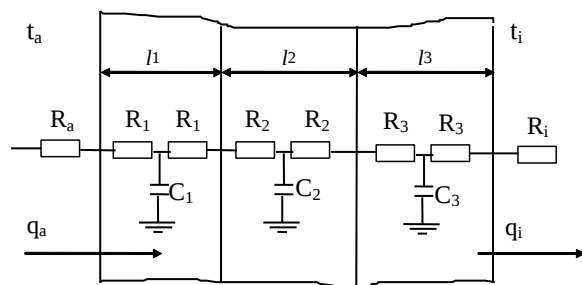


Rys. 6. Przebiegi temperatury atmosferycznej zarejestrowane w okolicach Lublina w miesiącu czerwcu



Rys. 7. Przebiegi temperatury atmosferycznej zarejestrowane w okolicach Lublina w okresie jednego roku (od kwietnia 2013 do marca 2014)

Projektując zatem zewnętrzną kilkuwarstwową przegrodę budynku – komory technicznej, należy wyżej wymienioną dynamikę zmian temperatury powietrza atmosferycznego uwzględnić, ponieważ ma ona znaczący wpływ na oszczędność energii agregatów chłodzących lub ogrzewających obiekt budowlany. Projekt taki miałby zapewnić taką bezwładność cieplną budynku (uzyskaną poprzez odpowiedni dobór materiałów budowlanych, ich grubości oraz ilości warstw przegrody), która pozwoliłaby dodatkowo wesprzeć energooszczędność zastosowanych w nim urządzeń. Najprościej wyjaśniając to zjawisko – chodzi w nim o tłumienie pojawiającej się amplitudy zmian temperatury we wnętrzu komory na skutek harmonicznym zmian temperatury zewnętrznej. Tłumienie to jest nie tylko wynikiem przejścia przez przegrodę lecz jest również rezultatem przesunięcia fazowego wektora strumienia ciepła przenikającego do pomieszczenia. Wielkość tego tłumienia i fazowe przesunięcie można przewidzieć na podstawie modelu matematyczno-fizycznego wykorzystującego chociażby analogię elektryczną w procesach związanych z wymianą ciepła – Rys.8. Odpowiednie wyliczenia interesujące projektanta układów sterowania i regulacji temperaturą w postaci np. funkcji przejścia, można uzyskać z zależności macierzowej (1).



Rys. 8. Model przejścia ciepła przez przegrodę trójwarstwową wykorzystujący analogię do prawa Ohma

$$[\Delta t_i(p), \Delta q_i(p)] = [\Delta t_a(p), \Delta q_a(p)] \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -R_1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -pC_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} 1 & -pC_n \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -R_{n+1} & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Funkcje przejścia – transmitancje – otrzymane na podstawie powyższych zależności i opisujące związki między wielkościami wyjściowymi a wejściowymi będą pomocne również przy projektowaniu konstrukcji ścian zewnętrznych pomieszczeń składowych. Dla projektanta i konstruktora ciepłych komór technicznych model wykorzystujący analogię elektryczną do procesów ciepłych jest najbliższy rzeczywistym warunkom fizycznym wśród wszystkich sposobów opisu i wyliczania przepływu ciepła przez przegrodę zewnętrzną obiektów budowlanych.

W praktyce możemy uzyskać potwierdzenie przedstawionych rozważań dotyczących stateczności cieplnej obiektów budowlanych na przykładzie istniejących do dnia dzisiejszego średniowiecznych budowli, np. kościołów, bibliotek czy pałaców, w których nie ma potrzeby stosować urządzeń klimatyzacyjnych w upalne dni lata a zimą odpowiednio o dużej mocy urządzeń ogrzewczych. Tak, więc dzisiaj możemy tak zaprojektować i odpowiednio skonstruować przegrodę, która zapewniałaby taką inercyjność cieplną komory, która pozwoliłaby uzyskać znaczące oszczędności energii niezbędnej do utrzymywania określonej temperatury wewnątrz obiektu budowlanego. I tak na przykład dla dobowych zmian temperatury atmosferycznej niekorzystny dla klimatu pomieszczenia jest wpływ strumienia ciepła z zewnątrz do wnętrza występujący po 24-godzinnym przesunięciu fazowym. Natomiast najkorzystniejszy jest przypadek, w którym pomieszczenie będzie posiadało przegrodę zewnętrzną pozwalającą uzyskać 12 – godzinne przesunięcie fazowe wektora strumienia ciepła i w efekcie stłumienie zmian temperatury w budynku. Tak więc w celu osiągnięcia wymiernych efektów ekonomicznych w procesie utrzymywania pożądanej temperatury w obiekcie, należy w konstrukcji ściany zewnętrznej uwzględnić nie tylko opór cieplny lecz również i pojemność cieplną przegrody. Iloczyn oporności cieplnej – jako funkcji grubości i współczynnika przewodzenia ciepła ściany i pojemności cieplnej przegrody – jako funkcji gęstości i ciepła właściwego materiału budowlanego, który ma wymiar jednostki czasu, jest stałą czasową charakteryzującą inercyjność obiektu uwzględnianą przez stosowane układy sterowania i regulacji.

3. ZALEŻNOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA CIEPŁA OD WILGOTNOŚCI MATERIAŁU BUDOWLANEGO

Parametrem określającym przewodność cieplną jest współczynnik przewodzenia ciepła λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$], który zależy między innymi od gęstości objętościowej i struktury materiału przegrody, od wilgotności oraz temperatury. Współczynnik przewodzenia ciepła jest informacją o strumieniu energii,

jaki przepływa przez jednostkową powierzchnię warstwy materiału o grubości 1 m, przy różnicy temperatur po obydwu stronach tej warstwy, równej 1 K (1°C).

Im większa jest gęstość objętościowa tym większy jest współczynnik, a tym samym materiał ma gorszą izolacyjność. Ponadto w materiałach o tych samych substancjach, lecz różnych gęstościach, występują różne współczynniki przewodzenia ciepła. Wzrost temperatury powoduje wzrost przewodności cieplnej materiałów budowlanych. Dzieje się tak, dlatego że następuje zwiększenie przewodności cieplnej substancji stałej i powietrza zawartego w porach. Jednocześnie w porach występuje przepływ ciepła wskutek promieniowania. Praktyczne zastosowanie tego zjawiska ma znaczenie tylko, gdy materiały są stosowane w wysokich lub niskich temperaturach, tj. np. izolacja gorących zbiorników. W przegrodach budowlanych wahania temperatur są stosunkowo niskie, co pozwala pominąć zmiany przewodności cieplnej. Jednak określając wartość współczynnika λ należy zawsze podawać temperaturę w jakiej został on oznaczony.

Zjawisko przewodzenia ciepła przez ściany zewnętrzne pomieszczeń stanowi największą część wymiany ciepła w komorach. Dominuje ono w całkowitym bilansie cieplnym obiektów budowlanych przeznaczonych zarówno do stałego przebywania w nich osób jak też i obiektów, w których przebywanie pracowników jest krótkotrwałe. Przegrody zewnętrzne spełniają funkcje ochronną nie tylko w stosunku do strat cieplnych lecz jednocześnie regulują warunki wilgotnościowe oraz powietrzne w pomieszczeniach. Ściany zewnętrzne powinny w określonym stopniu umożliwić przenikanie powietrza oraz pary wodnej przy jednoczesnym wchłanianiu wilgoci.

Jak jest powszechnie wiadomo, wartości fizyczne materiałów budowlanych ulegają niekorzystnym dla użytkownika zmianom pod wpływem zawilgocenia ściany. Wilgoć ujemnie wpływa na jakość izolacji przegrody jak też i na jej trwałość. Celem skutecznej ochrony budynku przed wilgocią jest unikanie negatywnych wpływów jej obecności i wynikających z tego usterek lub szkód. Warunkiem utrzymania w pomieszczeniach budynku komfortowego mikroklimatu są suche przegrody, otaczające to pomieszczenie. Wilgotne przegrody znacznie uniemożliwiają utrzymanie komfortowych warunków, jest to wręcz niemożliwe, nawet przy bardzo intensywnym ogrzewaniu. W ochronie przed wilgocią bardzo istotny jest także przepływ pary wodnej. Dyfuzja pary wodnej przez przegrody budowlane to proces wyrównywania cząstkowych ciśnień pary wodnej pomiędzy dwoma środowiskami, które rozdziela przegroda. Przepływ pary wodnej odbywa się od środowiska o wyższej koncentracji pary do środowiska o koncentracji niższej, tak więc para wodna będzie zawsze dyfundować w tym kierunku, gdzie powietrze jest bardziej suche. Właściwości materiałów związanych z dyfuzją pary wodnej przez materiały budowlane charakteryzuje współczynnik paro-przepuszczalności [mg/(m·hPa)]. Odpowiada on ilości pary wodnej w miligramach, jaka dyfunduje przez 1 m² warstwy materiału o grubości 1 m w ciągu jednej godziny i przy różnicy ciśnień

po obydwu stronach tej warstwy równej 1 Pa. Podobnie, jak dla przepływu ciepła przez powłokę zewnętrzną budynku, wprowadzono pojęcie oporu dyfuzyjnego dowolnej warstwy materiału: $Z = d / \delta$, gdzie: d – grubość warstwy [m].

Woda zamknięta w porach ma współczynnik λ ok. 0,56 [Wm⁻¹K⁻¹] a więc około 20 razy większy od współczynnika λ powietrza zamkniętego w porach o średnicy około 0,05 mm materiału budowlanego. Dodatkowy wpływ na proces przewodzenia ciepła ma dyfuzja pary wodnej, z którą połączone jest zwiększone przenoszenie ciepła oraz kapilarne przemieszczanie się wilgoci. Ze wzrostem wilgotności materiałów następuje wzrost wartości współczynnika przewodzenia ciepła. I dlatego obniżenie wartości termoizolacyjnych przez wilgoć spowodowane jest tym, że na miejsce powietrza zawartego w porach wchodzi właśnie woda.

Proces ten nie przebiega jednakowo w różnych materiałach, zależny jest od struktury i pochodzenia materiału, np. w betonach komórkowych przyjmuje się, że przyrost współczynnika λ wynosi ok. 4,5% na 1% przyrostu wilgoci.

Celem zweryfikowania tego zjawiska przeprowadzono eksperyment na stanowisku laboratoryjnym najpierw dla materiału mokrego a następnie podobny eksperyment powtórzono dla materiału bezpośrednio wyjętego z pieca – suszarki, tzn. dla cegły suchej (Rys. 9). Warunki zewnętrzne eksperymentu dla obu przypadków były takie same. Temperatura w komorze ciepłej była zaprogramowana na poziomie +25 °C a temperatura w komorze zimnej na wartość +1,5 °C. Mierzone wartości temperatur na obu powierzchniach cegły oraz w jej wnętrzu rejestrowane były niezależnie dla każdego z zainstalowanych sensorów, a następnie zapisywane na dysku komputera przy kroku pomiarowym wynoszącym 15 minut. Równoległe z pomiarem temperatury rejestrowana była również przy pomocy programu komputerowego wilgotność cegły. Uzyskane z pomiarów wartości temperatur, gęstości strumieni ciepła oraz wilgotności posłużyły do wyliczeń energetycznych w bilansie ciepła dla różnorodnych komór technicznych.

Tab. 1. Wyniki pomiarów strumieni ciepła, temperatur i wilgotności dla mokrej cegły

pliki	0	16	32	48	64	80	96	112
kanały	0	1	2	3	4	5	6	7
	wilgotnościomierz		czujniki temperatur					
sondy:	TDR 3	TDR 5	wewnątrz cegły		strona ciepła		strona zimna	
			16	10	12	14	15	13
godz.								
13.32	3153ps	3145ps			22–23°C		3–6 °C	
	3132ps	3121ps						
	19°C	20°C	16°C	15°C				
13.55	17°C	17°C	12°C	12°C	17°C	19°C	2°C	5°C
	3139ps	3131ps						

Tab. 2. Wyniki pomiarów – cz. 2

sonda	kom. ciep. (25°C)		kom. zim. (1,5°C)		komora ciepła		pokój	
godzina	1	2	3	4	temp. °C	wilg. %	temp. °C	wilg. %
13.20	-8,5	-8	12	6,9	32		18	55
13.40	-8	-3,8	7,8	5	29,9			
13.55	-4,2	-4,2	7,5	4	28,2			
14.05	-5,3	-4,6	5,4	3,8	27,3			
14.20	-5,8	-5,4	5,1	3,2	26,9			
14.35	-5,8	-5,3	4,8	3	26,6	26		
14.50	-8,5	-5,4	4,5	2,8	26	26		
15.10	-5,8	-5,3	4,5	2,8	25,8	27	23	45
17.45	-6	-5,5	4	2,7	24,8	28	25,3	37
18.00	-6	-5,42	4	2,4	24,7	28	25,3	38
18.15	-5,89	-5,36	4,6	3,1	24,6	28	25,3	38
18.45	-6,2	-5,6	4,2	2,7	24,6	29	25,4	37

Tab. 3. Wyniki pomiarów – cz. 3

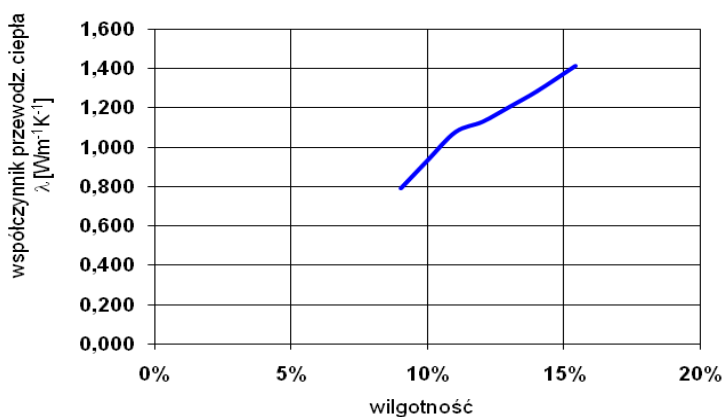
sonda	0	16			komora ciepła		pokój	
godzina	1	2	3	4	temp. °C	wilg. %	temp. °C	wilg. %
8.45	-3,2	-3,2	7	0	26,6	32	24,6	41
9.42	-4,9	-4,6	3,9	0,1	25	30	25,3	39
10.00	-5,3	-4,9	4,3	0,4	25	30	25,5	40
10.15	-5,4	-5	4,7	0,5	24,9	30	25,6	39
10.30	-5,5	-5,1	3,6	0,3	24,9	30	25,6	39
10.55	-5,6	-5,1	4,2	0,6	24,6	30	25,7	38
14.15	-10,5	-8,8	4,9	0,3	20,7	38	25,7	34
14.30	-6,2	-8,3	3,4	0,2	25,7	38 (30)	26	34
14.45	-7,4	-7,5	4,2	0,4	19,2	36	26,1	33
15.00	-6,1	-5,6	3,7	0,2	24,8	32	25,8	34
15.15	-6,1	-5,6	3,6	0,1	24,9	32	25,9	34
18.45	-5,3	-4,7	-0,9	-0,3	23	36	25,9	32
18.50	-5,4	-4,6	-0,9	-0,3	23,2	36	25,8	32
19.15	-5,2	-4,5	-0,7	-0,2	24	33	25,6	32
19.20	-5,2	-4,5	-0,7	-0,2	24,1	33	25,5	32

Tab. 4. Wyniki pomiarów – cz. 4

sonda	0	16			komora ciepła		pokój	
godzina	1	2	3	4	temp. °C	wilg. %	temp. °C	wilg. %
9.03	-0,68	-0,74	-0,31	-0,07	24	60	24,2	35
9.16	-0,69	-0,74	-0,31	-0,06	24	60	24,2	35
9.30	-0,69	-0,74	-0,31	-0,06	24	60	24,2	35
9.42	-0,69	-0,75	-0,31	-0,06	24	60	24,2	35
13.57	-5,5	-5,05	3,2	0,4	23,9	30	26,2	33
14.15	-5,5	-5,02	3,36	0,4	23,9	30	26,3	33
14.20	-5,52	-5,05	3,38	0,3	23,9	30	26,3	33
16.00	-4,9	-4,5	-0,77	-0,26	22	33	26,5	31
16.15	-5,1	-4,63	-0,88	-0,26	22,1	32	26,5	31
16.30	-5,04	-4,64	-0,96	-0,25	22,2	32	26,4	31
16.45	-5,06	-4,66	-1,15	-0,25	22,4	32	26,4	31
17.00	-5,2	-4,72	-1,35	-0,25	22,7	33	26,3	31
prawdopodobnie wyłączone, bo nic nie przenika								
18.32	-3,5	-3,25	-1,14	-0,28	24,5	38	25,1	32

Tab. 5. Wyniki pomiarów – cz. 5

sonda	0	16			komora ciepła		pokój	
godzina	1	2	3	4	temp. °C	wilg. %	temp. °C	wilg. %
9.40	-0,822	-0,861	-0,396	-0,086	23	52	23,4	29
wilgotność cegły: (chanel1) 2890,39 pikosekund								



Rys. 9. Zależność współczynnika przewodzenia ciepła od wilgotności cegły pełnej

5. WNIOSKI

Przedstawione w publikacji wyniki pomiarów są fragmentem badań związanych z przepływem ciepła przez przegrody komór technicznych i dokonywane były w różnych wariantach zarówno temperaturowych jak i czasowych jak również na rzeczywistych jak i na modelowych obiektach. Przy pomocy różnorodnych sond pomiarowych można było odczytywać wartości temperatur jak i strumieni ciepła w dowolnych miejscach badanego materiału. Na stanowisku laboratoryjnym można było symulować na obu stronach przegrody różne warunki związane z przebiegiem temperatury atmosferycznej jak również z żądanym reżimem cieplnym wnętrza komory. Uzyskane wyniki pozwalają optymalizować konstrukcję przegród komory przechowalniczej uzyskując w związku z tym wymierne efekty ekonomiczne.

LITERATURA

- [1] CARLSLAW H., JAEGER J.: *Conduction of heat in solids*. Oxford University, 1959.
- [2] JANCZAREK M., SKALSKI P., SUCHORAB Z.: *Przewodzenie ciepła przez przegrody w stanach ustalonych i nieustalonych*. INFORMATYKA W TECHNICIE, tom I, Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin 2006/2007.
- [3] JANCZAREK M., SKALSKI P., BULYANDRA A., SOBCZUK H.: *Przewodność cieplna zewnętrznych ścian budynków w aspekcie wilgotności i oszczędności energii*. Rynek Energii, nr 4 (65), sierpień 2006, Lublin.
- [4] JANCZAREK M.: *Wyznaczanie bilansu cieplnego komór chłodniczych*. XII. Konf. Nauk.-Techn. Rynek Ciepła 2006, Materiały i Studia, Lublin, 2006.
- [5] JANCZAREK M., BULYANDRA O. F.: *Zbierання фруктів у газових середовищах*. HARCHOWA PROMISLOWIST NR 5 UDK, 664(04)(082), KYIV, UKRAINE, 2007.
- [6] JANCZAREK M. M., BULYANDRA O. F., SZAPOWALENKO O. I., WINOGRADOV-SALTYKOV W. A.: *Osobiennosti rasczieta tieplowowo balansa tiepłowych kamer chranienia fruktow*. Naukowi Praci, випуск 31, том 2 – Odessa nacionalna akademija charchzowych tehnologij, Odessa, Ukraina, 2007.
- [7] JANCZAREK M. M.: *Determining of coefficient of heat transfer in bricks depended from degree of their moisture*. CEEPUS WEB Summer School 2007 "Informatics Systems in Automation", University of Maribor – Maribor, Slovenia, 14–28th September, 2007.
- [8] JANCZAREK M. M.: *The analysis of wall temperatures in a fruit storage in the aspect of transient heat flow*. Engineering Mechanics 2009, Svratka, Czech Republic 11–14th May, 2009.
- [9] JANCZAREK M. M.: *Technological description of heat and mass transfer processes in thermal treatment of fruit storage chambers*. Engineering Mechanics 2009, Svratka, Czech Republic 11–14th May, 2009.
- [10] WINOGRADOV-SALTYKOV W. A., JANCZAREK M. M., FIEDOROW W. G., KIEPKO O. I.: *Tieplotemetriczeskije issledowanie tieplozaszczitnykh swojstw ograzhdenij*. Industrial Heat Engineering – International Scientific and Applied Journal, vol. 31, Number 4/2009, pp. 116–123.
- [11] JANCZAREK M. M.: *Heat and mass transfer processes in thermal treatment chambers for fruit*. Monografia Robotics and Manufacturing Systems, Wyd. Politechniki Lubelskiej, 2014, s. 192–202.
- [12] JANCZAREK M. M.: *Analyses of heat transfer through walls of thermal technical spaces with computer helping*. Applied Computer Science, no. 4, vol. 10, pp. 756–783.

CONSTRUCTION PRINCIPLES OF INTEGRATED COMPUTER-AIDED DESIGN OF TECHNOLOGICAL MACHINES

1. THE PROBLEM STATEMENT

Currently, the automation development of the designing processes of technological machines does not lead to the received results that can bring this process to a new high-quality level. But, "the cost of failure" by designer was grown with the complexity increasing of technological equipment designing, especially at the early stages. At the initial design stage, which is less than a quarter of the total duration of project work, for 70% of all major decisions is accepted. Taking into consideration transience of work at an early stage with the current "manual" design technology, the errors are inevitable for which one have to pay for a long and expensive process of bringing the system or, worse, by a failure of the whole project if on the stage of conceptual design the errors in the concept of construction machinery were made. Currently, almost all design decisions are based on heuristic basis relying on designer's experience and intuition, without adequate quantitative justification of decisions and selection of the best option from competitive variety. It does not guarantee high quality projects and requires development of effective human-machine design procedures. Problems arising in the early stages of the designing of technological machines are associated with the solution of semistructured tasks that hardly formalized and therefore are hardly amenable to automation within the existing automated design methodology. Thus, the main defect of modern CAD system is a lack of formalized human-machine methods of conceptual design.

¹ Lutsk National University, Lutsk, Ukraine, e-mail: pavp@lnu.edu.ua

2. SYSTEM ANALYSIS AND INTEGRATION OF CAD

According to the system analysis of computer-aided design system with complication of the original task the following methods for automated CAD can be used (by classification of Janusz Dietrich), that is:

- Information – retrieval system, which are based on the selection of ready information on the set of input data that define the selection criteria. The use of information retrieval systems due to the fact that after the TOR for designing technological machines often advisable to search the database (DB), which contains archive projects analogues to maximize meet the task. If analog fully meets the objective, the design may need to fall away.
- Variant design, which is based on the usage of different design procedures on basis of known or newly designed heuristic methods, logical or mathematical algorithms. Input information is TOD, that has describing the input and output data of projected technological machine. Using known methods of designing the known technical solutions to obtain several alternative design solutions for selecting the best of them are put in the project. Intelligent design system is a system of model variant design. Variability is provided by that in the system, for example, graphs AND / OR are used, which is caused by the choice of OR type, which is a generalization grade of functional component of designed technological machines. These systems are based on the knowledge that in a Meta-system is.
- Searching design as a method of search designing and oriented to synthesis of innovative design solutions (method, device) with using an existing design-and-engineering or design-technological potential.

Since the design of technological machine is a complex task, it can be divided into separate simple tasks, to create a system of computer-aided design and combine these systems into integrated computer-aided design – CAD. Integrated CAD is a combination of two or more interconnected CAD, in which the operation of one or more of them depends on the outcome of the operation of another or others, so that this set can be viewed as a single CAD. Currently, the problem of increasing the degree of automation and complexity of the design process are solved by using artificial intelligence technologies. Structural components of the integration of separate CAD may be some expert systems (ES) [5], which are related to systems based on knowledge. This approach has allowed to create a new class CAD - hybrid CAD [4, 5].

This integrated CAD system essentially combines the benefits of designing on the basis of researching information in the database of ready technical solution that will satisfy the TOR (Information-Retrieval CAD). In the absence of results closer prototype is selected and on the basis of expertise is modified to meet the requirements of the TOR (variant CAD). In the absence of the result the synthesis of object model design is realized (composed CAD).

The variant scheme of designing is realized by selecting from a library the standard solutions of a given structure and its partial modification to adapt to new conditions of using. The system performs the searching of similar cases in the database. The algorithms of searching are based on a comparison of characteristic parameters of the initial and current technology solutions in the database. Indicators of technical task are used as parameters.

The composed scheme of designing provides the object composing, i.e. the synthesis of the elements of its structure by given rules. Structural synthesis is the most difficult design procedure for formalizing. In existing CAD in most cases synthesis is performed by a human and computer is used for verification of the proposed variants. The level of design automation degree is defined primarily by the state in algorithmization of procedures of a structural synthesis. There are different approaches to problems algorithmization of structural synthesis.

In the synthesis algorithms there are blocks of formation of the next variant of its evaluation and decision-making. The selection of completed structures is used when rating of intermediate variant is complex, so the completed structures of objects should be created in a unit of formation as, for example, it can be made for the layout of the technological machine. The set capacity of possible variants can be so large that the whole selection is impractical. In such cases, the selection may be only partial, based on approximate (heuristic) algorithms.

Another variant of implementation of structural synthesis is carried out by increasing of a structure adding design modules to some of the primary structure with the rating of intermediate variants of the structure. Generation of variants in this case is directed, and the first variant that was generated often becomes final. Therefore, algorithms of increasing are faster compared with surmountable, but less accurate.

The selection of a variant from the generalized structure also generates the sequential algorithms. The generalized structures that describe the class of designed objects usually are presented in the form of AND-OR-graphs. Algorithmic synthesis based on AND-OR-graph requires the inputting of selection rules of alternatives in each OR-top. The difficulty in this case is related to possible restrictions on the compatibility of methods to implement features: $C_{ij} + C_{kl} = \text{false}$, which means a prohibition on the simultaneous inclusion of elements E_{ij} i E_{kl} in the structure of system.

If you have any problems during the designing of technological machine through its layout of elements on the given rules, the variant scheme of designing starts to work (Fig. 1). Integrated CAD should unite local CAD that solves several local problems related with each other, that is [1–3]:

- the problem of modeling and analysis of the product structure to determine the sequence of its formation;
- the problem of optimization synthesis of technological operation structure and formation of machine technological structure;
- the problem of optimization synthesis of technology machine layout.

3. THE FUNCTIONING OF INTEGRATED CAD

Thus, the integrated CAD can be considered as a system that implements generally two schemes of designing. The main difference of this CAD is the presence of two interrelated design objects – the structure of technological operation and the structure of the technological machine. The transition from one structure to another is carried out by means of technological scheme of the machine in which elements of the structure of technological operation are located in the working area of technological machine. Therefore, the design process becomes the three-phase process.

In the first stage, designing is carried out on the basis of analysis algorithms product. The input source of information for the first stage is the product information in the form of a conceptual model. The resulting output document is the structure of technological operation (possible in several variants) with a list of technological transitions and also a flowsheet of machine.

In the second stage of designing user analyzes the resulting of technological scheme of the machine and, if necessary, corrects it. After that the layout designing of the machine is carried out, which is in two versions: in the mode of combinatorial generation of variants of machine layout or in automatic searching for solutions, using previously accumulated in the database information. In the latter case, variant scheme is realized, which is based on the available information in a database about all designed machines selects the suitable variant for the characteristic parameters.

In the third stage of designing the geometric models of design objects are formed: details, design modules and a machine layout in general. For this CAD includes the systems of geometric modeling, referred as modelers or "geometric cores" of CAD. An integral part of such systems is the presence of a graphical interface that allows you to display the received design results. In addition, the use of three-dimensional modeling systems is a necessary condition in the designing of technological machine, since the 3D model is often a requirement of technical problem. The designer and the customer can simply define the geometric consistency of a model, form the basic drawings, and form

the requirements for calculations and related tasks using the created virtual model of technological machine. Such model allows us to form specifications of functional and design modules, products and materials used in this model.

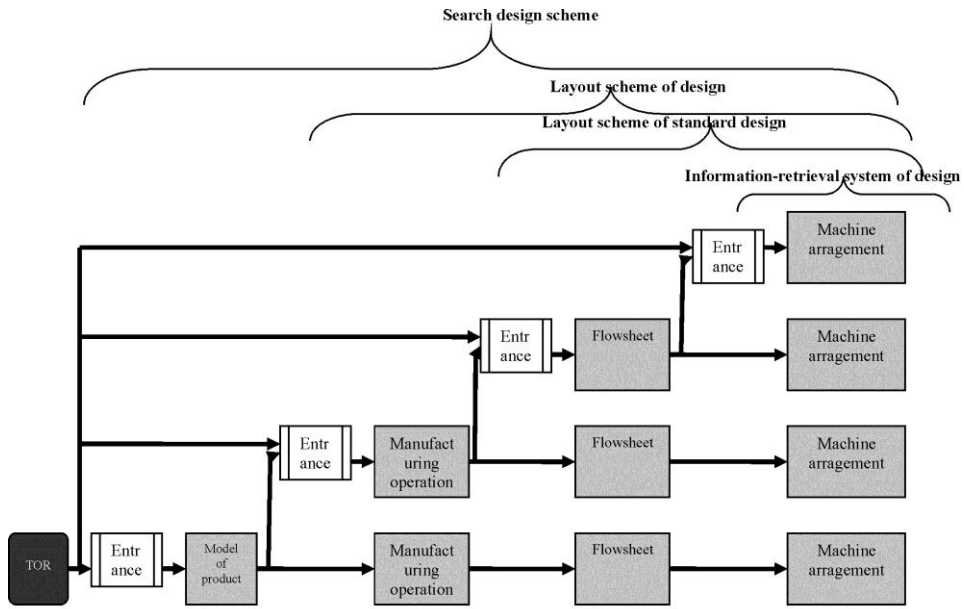


Fig. 1. Integrated CAD design of technological machine

The part of graphical interface is a system of electronic image catalogs which is designed to select functional and design modules to be placed in the working area of designed technological machine. These catalogs allow you to get information about the functional and design modules, such as the type, size, weight, cost, design features, the size of nozzles, connecting spaces and holes. Working with the electronic image catalogs, the user has the ability to learn the graphic examples of functional and design modules. The using of 3D-modeling allows to improve the quality of designing, to evaluate the situation at previous-designing, to increase the competitiveness of designed samples.

4. INTEGRATION OF SUBJECT AREA OF CAD

When creating an integrated CAD it should also be considered integrating of its subject area for creation conditions for model transformations in the transition from one local problem to another. For this, we should select:

- the subject area of a product that is given by conceptual product model;
- the subject area of a technological operation structure;
- the subject area of a technological machine structure.

Subject area of a product. Methodology of details description and assembly units in existing CAD is the main obstacle to the creation of complex HCAD. The product models in modern systems are geometric, while the conceptual models are not necessary for automation the designing of technological processes and machines. Conceptual model of a detail is based on the notion of design and technology element (DTE) (which later became the name *features*). Such element is a designed element in the sense that it performs a constructive function in a detail, such as: provides the basing of a detail in the assembly unit (cylindrical and tapered axial holes, grooves veneer, etc.), or connects the detail with the adjacent (carvings, toothed crowns, etc.). However DTE has one or more technological transitions of its manufacturing generated from a set of transitions. DTE have a hierarchical structure consisting of DTE complex levels, basic and additional. The axisymmetrical, prismatic elements and holes are complex levels. Such set is determined by the main operation types of machining processing of details: turning, milling and drilling and boring operations. Additional elements (grooves, slots, bevels, etc.) are related to the basic, and you can start to the processing only after the previous formation of basic elements. Each DTE is an object with its own set of features.

For example, we will consider how the process structuring of machining processing of details is carried out. For a formal definition of creation sequence DTE detail, we introduce the concept of binary relation of precedence π . We consider any given technological transition. In general, we can assume that the conditions for its realization will depend from some previous transitions, on which database are created or linked surface is pre-processed or instrument access is provided. The functional, technological and designing limitations affect on the sequence of product creation and formation of its product quality parameters. There are three groups of precedence relation [2]:

- *functional relations of precedence*, that are imposed by the conditions of product functioning;
- *designing relations of precedence*, that are imposed by the conditions of spatial arrangement of details and some parts of surfaces in product design;
- *technological relations of precedence*, that are imposed by the conditions of product manufacturing.

These limitations define the cause and effect relations of designed elements of a product that are defined by the relations of precedence, lettered « π ». The correctness of determining the order of formation of designed elements determines the excellence of built designing and technological scheme of production. DTE of a product will be a set $E = (e1, y2, \dots)$.

Each element of the matrix satisfies the following requirements:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{if the } i\text{-th designed element must be created} \\ \quad \text{before the } j\text{-th;} \\ 0 - \text{otherwise.} \end{cases}$$

The relation of precedence is set in the ES in the analysis of the product model through a system of production rules such as "if DTE i_1 has certain characteristics of relations with DTE i_2 , then DTE i_1 is made before DTE i_2 ".

The relation of precedence is set in the ES as part of an integrated CAD in the analysis of product model through a system of production rules such as " if DTE i_1 has certain characteristics of links with DTE i_2 , then DTE i_1 is made before DTE i_2 ."

The subject area of technological operation. Transformation of a product description in the description of technological operation is carried out on the following considerations. As DTE of a product are implemented by the appropriate technological transitions, the cause and effect relations between these elements determine the relation of precedence between technological transitions. Then the expression $F_i \pi F_j$, where $F_i, F_j \subset TO$, is read as «technological transition F_i precedes the technological transition F_j , where both transitions are parts of a technological operation».

To build the flowsheet of a machine the user can select one of them, or explore both variants at further stages of designing.

The subject area of technological machine. Transformation of description of technological operation in the description of the flowsheet provides the introduction of each technological transition according to specific type of technical means for its implementation, such as the type of functional module. Further description transformation of the flowsheet in the layout description is made in clarifying the functional modules by its designed analogues. The building of layout model provides the optimization search of the best set variants of modules based on specified criteria optimization (the lowest price, energy consumption, etc.), which is implemented using algorithms of CAD subsystem.

The main feature of structural synthesis is an ambiguity. The replacement of functional components (modules) for structural elements (modules) is carried out in the formation of an object structure. The correspondence between the functional and structural modules is also ambiguous – one and the same function can be realized by various structural elements. This model reflects the functional and modular machine structure for packing of bulk substances, and the possibility of combining of different designed modules between each other. The traditional method of structural synthesis involves generating of new variants for the system structure by the combinatorial methods – by replacing its functional elements of various structural elements of similar destination (Fig.2).

The selection of functional elements (modules) to implement each of the selected partial functions in the formation of the functional structure of the object, and during the formation of the layout – the description of the transformation from the FM on the description from design modules (marked X_{nk}).

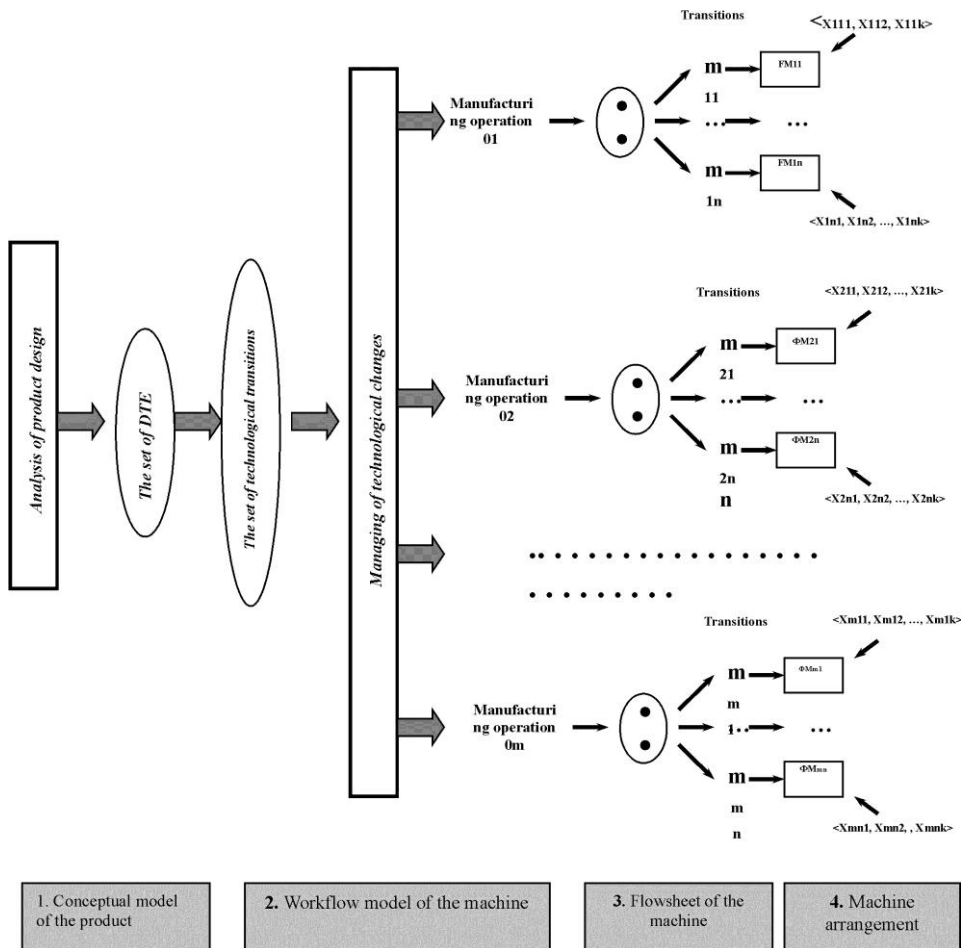


Fig. 2. Functional structure of integrated CAD of technological machines

However, generating of a new combination of design modules does not guarantee the quality of the whole technological machine. The practical value of the project decision for the structure of the object is determined mainly by solving the problem of parametric synthesis.

5. THE FUNCTIONING OF COMPOSED SCHEME OF DESIGNING INTEGRATED CAD

The task of designing is to form the structure of technological machine that meets the requirements of the TP, ie to create technological schemes of machines, identifying types of design modules for its implementation, division of function and technological transitions between them so that the extremum of objective function was achieved, which is determined by the efficiency indicators of the machine working under the given constraints in terms of its work.

The scheme of functioning of the hybrid CAD has the following sequence. First the initial data are entered: a product design, technical conditions, the requirements for technological machine (TP) and the conditions of its exploitation. The entered information is used by a system to build a conceptual model of the product, its analysis and determining the sequence of creation DTE product. Then the automated designing of technological operation structure and the flowsheet of a machine is carried out. If the user is satisfied with the result, he approves the designed technological scheme and enters it in the database. The described part is a generated branch in the diagram of the system for the designing of layout of technological machine.

For each of these problems it is necessary to determine the subject area and to build the models of connections between objects of different areas. It allows to solve local problems between each other. Transforming of descriptions is used when known initial description of the structure corresponding to a certain hierarchical level, and it is necessary to get the resulting description corresponding to a different level. Algorithms of transformation use the transformation rules of elements of the initial structures into new forms. Examples: – synthesis of technological operation (the structure of technological operation with a given sequence of transitions is built describing the sequence of formation of DTE product), the flowsheet of a machine (the flowsheet of a machine is built describing technological); the synthesis of machine layout (the layout of a machine is built describing the technological scheme) and others.

Rules of transformation have type of productions "if A, then B». The same form can be provided for structures and rules generation and in other approaches to synthesis.

To convert the data of the subject area of technological machine in methods of its designing the CAD must provide the ability to process special knowledge, represented in algorithmic (procedural) and in expert (productive) form. The procedure for removing technical solutions in the designing includes the following steps.

1. The entering of initial knowledge and data about the type of product that can be produced on a designed technological machine and its construction of a conceptual model.

2. The construction of matrix of precedence based on the use of production rules of precedence. The sequencing of the formation of DTE product selected on the basis of computational algorithm of processing the matrix of precedence that is included in the CAD.
3. The formation of structure of technological operations using production rules and computational algorithms and forming of the flowsheet of a machine from the functional modules. If there are several technological schemes, then one or two schemes for further work are selected on the basis of production rules of a knowledge base or designer decision.
4. Optimization of a set of design modules for implementing of technological scheme based on selected criteria with one of optimization algorithms that is a part of the CAD.
5. Formation and comparing the effectiveness of alternative configurations of technological machine.

6. CONCLUSIONS

1. The prototype of the integrated CAD is designed on the basis of information-retrieval, variant and layout schemes of designing, component of which are software and algorithms of formation of technological operation structure, technological scheme and a machine layout.
2. The integral system of designing of technological machine layout is developed and it allows to increase the quality of the projects using several systems of structure searching: information-retrieval, variant or combinatorial with several stages of designing.
3. This software product is designed for automated designing of technology machine layout with the rules of layout that are determined on the basis of expert information, which includes the blocks of productive rules for selecting of sequence manufacturing of design and technological elements of a product, the flowsheet of machine formation, the rules of construction layout and special block of transformation which uses transformation rules of primary structures into new forms.

REFERENCES

- [1] PALCHEVSKYI B.: *Information Aspects of Optimisation Synthesis of Functional-Modular Structure of Technological Equipment*. Applied Computer Science, Journal of science, Lublin, Lublin University of Technology, 2013, vol. 9, no. 1, pp.17–32.
- [2] PALCHEVSKYI B.: *Information technology of technological equipment designing*. Lutsk, Lutsk NTU Editing and Publishing Department, 2012, p. 572.
- [3] ŚWIĆ A., GOLA A.: *Elements of design of production systems – methodology of machine tool selection in casing-class FMS*. Management and Production Engineering Review, vol. 1, no. 2, 2010, pp. 72–80.

- [4] GAVRILOV A.: *Hybrid Intelligent Systems*, Novosibirsk, NSTU Publishing house, 2003, p. 164.
- [5] KOLESNIKOV A., KIRIKOV I.: *Methodology and technology of problems solving by methods of functional hybrid intellectual systems*, M.: IPI RAN, 2007, p. 387.

FUNCTIONAL OPTIMIZATION MODELS OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM OF PACKAGING

1. THE PROBLEM ACTUALITY

Modern packaging industry is characterized by a tendency to increase multi-production of packing, to expand the range of the form and weight, to change packing products and materials of packaging. All those make conflicting requirements for technical means of automation in producing of packing products. On the one hand, the intensive increase of packing determines the high demands for the productivity of the equipment, which is usually ensured by its specialization, i.e. the creation of special machines and automatic lines for the production of one or more packaging. On the other hand – the frequent changeability of packing requires the wide range of modifications of technological machines and lines that can be realized through the creation of flexible and, to some extent, universal equipment, and it is difficult to combine with a high productivity and a high degree of automation. The overcoming of this contradiction is one of the main ways of increasing the efficiency of automated packaging production. Despite the significant progress in automation, the presence of these contradictions generated a great variety of incompatible with each other constructive schemes of automated tools that complicates its implementation because of the high costs caused by low levels of unification and seriality. To some extent this was also a practice result of visual-group approach that has developed to the problem of automation of production and products packaging.

Therefore, the actual problem is a problem of design methods development of such machines, in which the compromise between universality and equipment specialization is reached, resulting in the possibility of its rapid reconfiguration and readjustment at high productivity and automation degree. The need to have a wide range of specialized machines and lines requires the development of optimization methods and unification of structure, which should reduce the

¹ Lutsk National University, Lutsk, Ukraine, e-mail: pavp@lnu.edu.ua

designing terms, production and payback of equipment, as well as the nomenclature of automation tools for mass replication. The purpose of this work is development of effective grouped technical process of packaging for grouped packaging-products.

2. FUNCTIONAL STRUCTURE OF FLEXIBLE AUTOMATED PRODUCTION (FAP)

One of the first and the main features that suggest about the possibility of flexible manufacturing system (FMS) creation is the possibility of production of different packages in a common stream. It is necessary to examine the similarity of their design and to develop a technique of grouping in order to the duration of the process implementation of readjustment was the lowest.

In this case, the processes of readjustments are considered together with the technological process and packing machine must have the property as flexibility that is to be universal and mobile.

The processes of readjustment are one of the main in the FAP, they have the same characteristics as the technological processes, that is, they have their own structure, they differ in the complexity and by the level of automation, they are characterized by duration of realization etc.

Modern FAP implements flexible manufacturing process that consists of many different types of processes which are divided into three groups: 1) technological; 2) non technological or supporting processes; 3) readjustment processes.

1. Technological process is the basis of the production process, it represents those parts of the production process, which includes targeted actions related to the changing and (or) determining the kind of the work (the production of packaging, dosing of product, packaging sealing, machining of products, the assembling of two parts etc.).
2. Non-technological processes do not change the geometric shape, size or physical and chemical properties of the product. The most important are the transport and manipulation, control and measuring processes.
3. The processes of readjustment also do not change the geometric shape, size or physical and chemical properties of the product, but provide the manufacturing of products group on the same FMS.

Each flexible technological process consists of the flexible technological, supporting and operations of readjustment. Each **flexible technological operation** is performed in the same workplace over a group of products.

Flexible technological operation in FAP is a complete part of technological process which is implemented by functional mechanisms or modules that provide the necessary interaction between working parts and each group product for a receiving of result in appropriate readjustment.

Each flexible technological operation can be divided into a number of transitions. These transitions are technological, supporting and transitions of readjustment.

Flexible technological transition is a part of the operation that is performed on one element or one set of elements of each group product by one instrument of readjustment or one set readjustment instruments in accordance readjustment technological modes.

In contrast to the technological, **supporting transition** is a complete part of technological operation consisting of human actions and (or) equipment that is not attended by changes of the product properties, but are necessary for the realization of technological transitions and the transition of readjustment is to change or replace the instruments and adjustment of technological modes.

In turn, transitions consist of working moves, supporting and moves of readjustment.

The working move is a completed part of transition, which consists of a single movement of the instrument relative to the product, in which the technological action is carried out changing the properties of the product.

Supporting transition, in turn, consists of supporting moves and move of readjustment, for example, changing the length of the working move of the instrument.

Discussed structure of flexible manufacturing process is depicted in the diagram below (Fig.1).

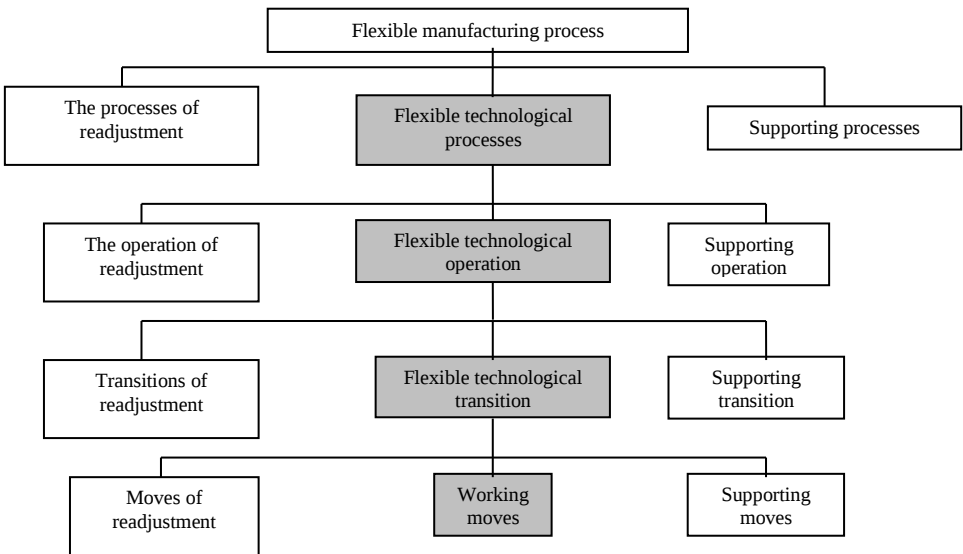


Fig. 1. Functional structure of flexible manufacturing process

Creation of FAP is impossible without interaction of structure aspects of technological processes and processes of readjustment. Since these processes are interrelated, they form a common process which is the basis for design optimization of machine system in the FMS.

It should be taken into account that elements of technological process and process of readjustment occurs when technological actions in readjustment stop. Such readjustment is also called internal.

Parallel combination of structure elements of technological process and process of readjustment occurs when the work of readjustment is carried out outside the working area of FMS, without interruption of technological actions in readjustment. Such readjustment is called external.

3. OPTIMIZATION STRUCTURE OF READJUSTMENT PROCESS OF FMS

Defining each workplace of FMS as specialized for a particular group of product operation for packaging of products automation technological machines ATM, we will obtain from the condition of the highest concentration of packing structure of FMS in the form of section with technologically independent machines. In these conditions, specializing of each ATM on a certain group of product operations was necessary, so that the volume of product operations was sufficient for its loading and then we will make an analysis and optimization conditions of readjustment of ATM.

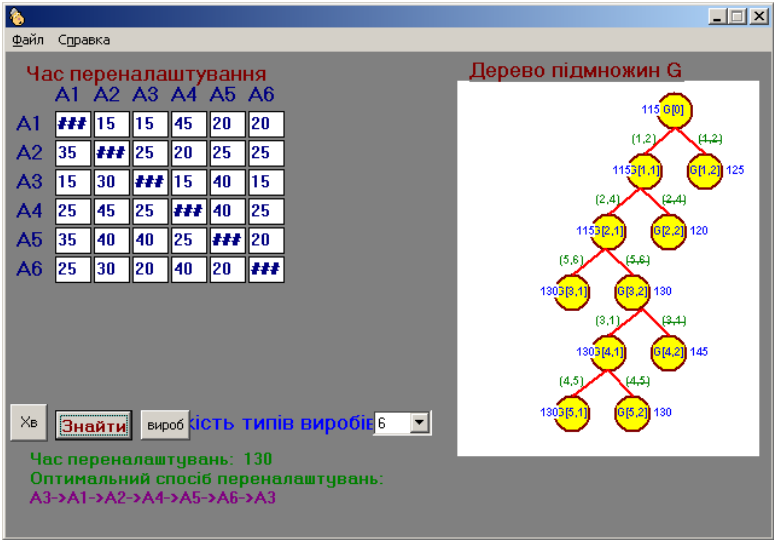


Fig. 2. Panel of input data and solving result of optimization problem of readjustments sequence

With the releasing of packaging group the FMS is a system of universal ATM, on each of which the whole group of products is processed, such as A1-A6. In general, the time of readjustment in transition from one product to another is different for different products. In this case, it becomes important to determine such of releasing of diverse packing that will minimize the total time of readjustment. The software is designed to solve the problem of time minimizing of machine readjustment between releases of different types of objects. Formally, the problem is a traveling salesman problem, where ways are the time of machine readjustment from the element releasing with the number of A_i , on the element releasing with the number of A_i . The method of branches and boundaries is used to solve the problem.

The output data are the matrix of related readjustment, in which the element with coordinates (i, j) specifies the necessary time for machine readjustment from the element releasing A_i on the element releasing A_i . (specified in minutes). This data can be loaded from the electronic tables. Clicking on the “calculate” the traveling salesman problem is solved by method of branches and boundaries, and also the output of the shortest complete cycle graph: A3-A1-A2-A4-A5-A6-A3.

Clicking on the “products” you will move to the next window of program. Here we input a time production of launch party of each product in minutes (Table 1).

Tab. 1. Production duration of launch party of packaging

Type of packaging	Time of readjustment for the next packaging, min.	Time production of launch party, min.
A3	15	120
A1	15	340
A2	20	90
A4	40	210
A5	20	120
A6	20	120
Total	130	1000

Determining the total time required for the production of products and the carrying out of necessary settings, you can determine how many machines can be involved when the whole group of products is released during one shift:

$$N_{ATM} = \frac{\sum t_{readj} + \sum t_{prod}}{F_{\phi}} = \frac{130 \text{ min} + 1000 \text{ min}}{360 \text{ min} \cdot 0,85} \approx 4 \text{ machines},$$

where: F_{ϕ} – the actual fund of working time of machine for one-shift operation of 6-hour is 360 minutes $\cdot$ 0,85;

$\sum t_{nep}$ – the total time of readjustment;

$\sum t_{\text{группы}}$ – the total time of package group production.

4. THE USE OF FUNCTIONAL OPTIMIZATION TECHNIQUES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF VIRTUAL MANUFACTURING SYSTEMS

Development of FMS principles is impossible without a systematic approach to designing and turning it into a methodology for the analysis and synthesis of FMS.

The basis for implementation of multi-object technological designing is existing working manufacturing systems (WMS), which are oriented to release of its manufacturing tasks (MT) and have free time fund of its technological equipment. Then configuration of virtual manufacturing system is formed (VMS) on the basis of production information.

Multi-object technological designing with intelligent control in FMS includes methods of designing individual processes, method of providing targeted generation of configuration options for virtual manufacturing system (VMS), the verification method of generated options and selecting the best, and also methods of decision making, through which the control process of configuration VMS over time is made (Fig. 3).

Thus, the conceptual idea of virtual manufacturing system is mobile organization of temporarily functioning of the object-oriented manufacturing systems to perform the amount of current processes at the VMS. In other words, the presence of a production problem the implementation strategy of these processes in working production systems is required, that has free time fund and oriented, in turn, to release other products which are different in its parameters. Herewith, the performance of engineered processes should not negatively affect on the timing and cost of manufacture basic products for these working manufacturing systems. Realization of the idea is achieved by forming VMS rational configuration that allows performing production tasks in time, that does not exceed specified terms, but close to them ones, with a minimum cost.

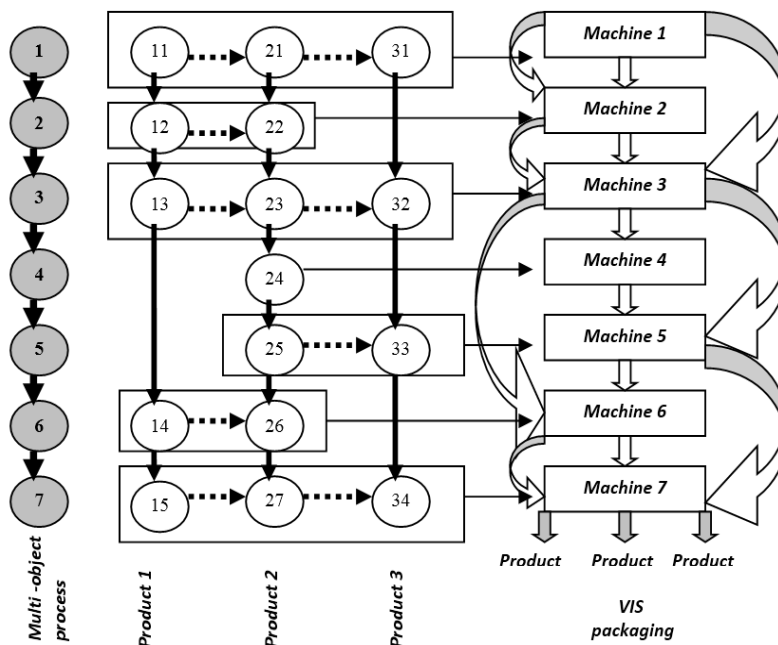


Fig. 3. Multi-object technological designing for VIS conditions

Such approach provides absence of material readjustment in the formation of manufacturing tasks. The objective is a minimum cost of finished products storage and minimum amount of used resources of operational production systems.

The procedure of technological synthesis of multi-object technological designing is a part of the designed synthesis task of FMS with an optimal set of individual technologies. Identification of compatibility of technologies related to the operation of a particular VMS, that is to use the same equipment and tools, allows to minimize costs, increase availability of equipment (Fig. 3).

Analysis of the compatibility of technologies, that are implemented in the VMS, allows to determine the need to involve additional individual technological processes in general route or exclusion from it the existing but ineffective ones.

At the decision making stage, according to the requirements and restrictions of a higher level, it is decided to create some volume of operational production systems.

At the designing stage, it is made the analysis of selected operational production systems, technological process design as a set of routes, descriptions, selection of equipment etc. (See Fig.3).

At the planning stage, the plan for the manufacturing of products in appropriate technology at production equipment, that is VMS, is made.

At the acquisition stage, it is made actual purchase of raw materials, intermediate products, components, information necessary to produce the product at the appropriate technology.

At the production stage, the plan of manufacturing products is implemented, in which production task is performed.

At the quality control of the finished product stage, comparison of the product with its specification and notification of discrepancy, if it is any, is carried out.

At the delivery stage, a final product that passed quality control is directed to consumer.

Functions performed on these stages are interrelated and can use specific functions of a data shared between several functions or common to all functions are. When solving the problem of forming VMS it is necessary a formation and application of database that contains information derived from the basic of scientific propositions of technology designing, methods of mathematical modeling, system-structural analysis, information theory, set theory, mathematical logic theory, control theory, computer-aided design and programming techniques.

5. CONCLUSIONS

1. The problem of product group automation of packaging is specified by the lack of systematic conception and imperfectness of technological foundation of flexible technology of packaging to which technological operations and operations of readjustment are included. Such approach to the functional designing of FMS induced necessity of development the methodology of creation of functional structure of flexible technology.
2. The software is created to minimize time of readjustment of FMS.
3. The developed methodology was illustrated for multiagent technological designing for VMS conditions.

REFERENCES

- [1] PALCHEVSKYI B., ŚWIĆ A., PAVLYSH V., BANASZAK Z., GOLA A., KRESTIANPOL O., LOZYNSKYI V.: *Information support for integrated flexible manufacturing systems: monographs*. Lutsk: Vezha-Print, 2014, p. 344.
- [2] PALCHEVSKYI B., KRESTIANPOL O., BONDARCHUK D.: *Computation of functional devices of packaging machines: education textbook for students of higher educational institutions*. Lutsk: Vezha-Print, 2014, p. 264.
- [3] BANASZAK Z. A., ZAREMBA M. B.: *Project-driven planning and scheduling support for virtual manufacturing*. Journal of Intelligent Manufacturing, vol.17, no. 6, 2006, pp. 641–651.
- [4] ŚWIĆ A., MAZUREK L.: *Modeling the reliability and efficiency of flexible synchronous production line*. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, 2011, 4 (52), pp. 41–48.

- [5] SWIC A., GOLA A.: *Elements of Design of Production Systems – Methodology of Machine Tool Selection in Casing-Class FMS*. Management and Production Engineering Review (2010), vol. 1, no. 2, pp. 73–81.
- [6] BANASZAK Z., BACH I., WOJCIK, BOCEWICZ G.: *Projektowanie dedykowanych systemów komputerowo wspomaganego harmonogramowania procesów dyskretnych*. Automatyka, Tom 13, zeszyt 2, 2009, s. 169–181.
- [7] BANASZAK Z., BZDYRA K., SANIUK S.: *Systemy wspomagania inżynierii zarządzania*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2005.
- [8] BANASZAK Z.: *Systemy informatyczne w zarządzaniu produkcją*. W: Informatyka Gospodarcza, pod red. J. Zawila-Niedzwiecki, K. Rostek, A. Gasirkiewicz, Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa, 2010, s. 363–400.
- [9] Sygeo Syngo. *Quick-readjustment: Revolutionary technology of production optimization*. Trans. Fron Engl. M: Alpina Business Brooks, 2006, p. 344.
- [10] GOLA A., SWIC A.: *Algorytm generowania ścieżek technologicznych w procesie doboru obrabiarek*. Zarządzanie Przedsiębiorstwem, nr 1 (2011), s. 8–16.
- [11] GOLA A., SWIC. A.: *Design of FFMS Storage Subsystem Using Computer Simulation Method*. Actual Problems of Economic, 2013, 4(142), s. 312–318.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОЙ В УСТАНОВКАХ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

На компрессорных станциях магистральных газопроводов охлаждение природного газа после сжатия осуществляют с помощью установок охлаждения, состоящих из нескольких параллельно включенных аппаратов воздушного охлаждения (АВО) газа. Для интенсификации процесса охлаждения теплообменники АВО обдуваются наружным воздухом вентиляторами, приводимыми в движение асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором. Установленная мощность электродвигателей вентиляторов установок охлаждения газа достигает 1 МВт, что определяет актуальность задачи повышения энергетической эффективности режимов работы АВО [1–5]. Существенная экономия мощности достигается при использовании регулируемого электропривода взамен дискретного регулирования (включения/выключения) двигателей вентиляторов [3, 4]. При этом требуемый температурный режим обеспечивается использованием систем автоматического управления (САУ) температурой газа на базе частотно-регулируемого привода (ЧРП) вентиляторов.

САУ температурой газа на выходе установки охлаждения обладает рядом специфических особенностей, которые должны учитываться при ее проектировании. В частности, коэффициент передачи АВО как объекта управления (ОУ) зависит от температуры и влажности наружного воздуха, расхода газа через АВО, температуры газа на входе в АВО, угла атаки лопастей вентиляторов, других менее существенных факторов и может меняться в несколько раз. Кроме того, датчик обратной связи в системе обладает существенной инерционностью. Рассмотрим особенности синтеза регулятора САУ температурой газа на выходе АВО.

На схеме исследуемой системы (рис. 1), динамические свойства отдельных элементов для приращения переменных отражены соответствующими передаточными функциями (ПФ) [5]:

¹ Самарский государственный технический университет, e-mail: em@samgtu.ru

- обобщенного ОУ, выходной переменной которого является температура θ газа на выходе, а входной – частота вращения вентиляторов f

$$W_o(p) = \frac{\Delta \theta(p)}{\Delta f(p)} = \frac{k_o}{T_o p + 1};$$

- частотно-регулируемого привода вентиляторов

$$W_E(p) = \frac{f(p)}{U_R(p)} = \frac{k_E}{T_E p + 1};$$

- датчика температуры газа на выходе АВО

$$W_D(p) = \frac{U_{oc}(p)}{\theta(p)} \frac{k_D}{T_D p + 1};$$

- регулятора $W_R(p)$;

где: $k_o, k_E, k_D, T_o, T_E, T_D$ – коэффициенты передачи и постоянные времени ОУ, ЧРП и датчика, соответственно;
 p – оператор Лапласа.

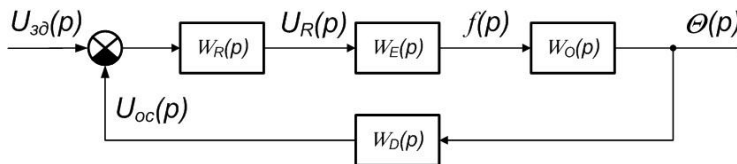


Рис. 1. Структурная схема системы

Инерционность датчика и вариации коэффициента передачи объекта накладывают определенные особенности на синтез регуляторов системы. Возможны различные варианты построения САУ.

а) При синтезе регулятора на основе стандартных (эталонных) передаточных функций [6] и использовании настройки на оптимум по модулю желаемая (эталонная) ПФ системы в разомкнутом состоянии должна иметь вид

$$W^{To}(p) = \frac{1}{2T_\mu p (T_\mu p + 1)}. \quad (1)$$

В качестве «малой» постоянной времени T_{μ} в выражении (1) следует рассматривать наименьшую из постоянных времени внутреннего контура. В рассматриваемой системе таковой является постоянная времени T_E электропривода.

В исходном состоянии (до введения регулятора) ПФ разомкнутой системы, состоящей из функционально необходимых элементов

$$W(p) = \frac{k_e k_{o1} k_D}{[(T_E p + 1)(T_o p + 1)(T_D p + 1)]}. \quad (2)$$

С учетом возможных вариаций коэффициента передачи объекта управления, под k_{o1} будем понимать расчетное (эталонное) значение коэффициента.

ПФ регулятора, обеспечивающая требуемую настройку системы, будет

$$W_R(p) = \frac{W_1^*(p)}{W_1(p)} = \frac{(T_{R1} p + 1)(T_{R2} p + 1)}{T_{R3} p}. \quad (3)$$

Таким образом, для стандартной настройки на оптимум по модулю следует принять пропорционально – интегрально – дифференциальный регулятор с ПФ (3). Параметры регулятора выбираются из условий

$$T_{R1} = T_o; \quad T_{R2} = T_D; \quad T_{R3} = 2k_{o1} k_E k_D T_E. \quad (4)$$

Для учета вариаций коэффициента передачи объекта управления введем обозначение

$$\beta = \frac{k_{o1}}{k_o}.$$

где: k_{o1} – фактическое значение коэффициента передачи объекта.

Тогда ПФ скорректированной системы в разомкнутом состоянии будет

$$W_{p1}(p) = \frac{1}{2\beta T_E p (T_E p + 1)},$$

а ПФ замкнутой САУ относительно выходной переменной – температуры газа

$$W_z^g(p) = \frac{\theta(p)}{U_{за}(p)} = \frac{T_o p + 1}{k_D (2\beta T_E^2 p^2 + 2\beta T_E p + 1)}. \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что ПФ замкнутого контура содержит форсирующий множитель $(T_D p + 1)$. В результате переходный процесс при ступенчатом изменении задающего воздействия будет иметь значительное перерегулирование (рис. 2, кривая 1). При моделировании переходных процессов постоянные времени выражались в относительных единицах. За базовое значение была принята постоянная времени объекта управления $T_o = 30\text{с.}$ соответственно, время в относительных единицах $t^* = t/T_o$. Относительные значения постоянных времени, характерные для рассматриваемой системы: $T_E^* = 0,01$, $T_D^* = 0,1$.

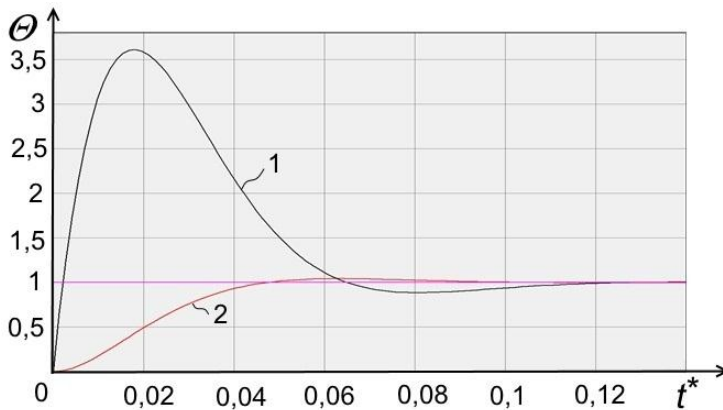


Рис. 2. Переходные характеристики изменения температуры

Чтобы исключить недопустимое перерегулирование на вход системы необходимо включить фильтр (затчик интенсивности) с ПФ

$$W_f(p) = \frac{1}{T_o p + 1}. \quad (6)$$

Переходная характеристика системы с фильтром приведена на рис. 2, кривая 2.

В рассматриваемой системе налагаются дополнительные требования по характеру изменения регулирующего воздействия на объект – частоты вращения вентиляторов f в переходном процессе. Значительное перерегулирование в кривой изменения частоты вращения вентиляторов недопустимо, т. к. оно приводит к дополнительным динамическим воздействиям на кинематическую часть привода.

Между тем, характер указанного переходного процесса определяется ПФ замкнутого контура для выходной координаты в виде частоты f . Указанная ПФ после преобразований может быть записана в виде

$$W_z^f(p) = \frac{f(p)}{U_{за}(p)} = \frac{\beta(T_D p + 1)(T_o p + 1)}{k_D k_{o1}(2\beta T_E^2 p^2 + \beta T_E p + 1)}. \quad (7)$$

ПФ по выражению (7) содержит два форсирующих звена в числителе. Чтобы скомпенсировать их влияние на переходную характеристику для частоты вращения вентиляторов, в цепь задающего сигнала необходимо ввести двойное аperiodическое звено с ПФ

$$W_f(p) = \frac{1}{(T_D p + 1)(T_o p + 1)}.$$

Переходная характеристика для частоты вращения вентиляторов в этом случае при расчетном значении коэффициента k_o передачи ОУ (кривая 1 на рис. 3) характеризуется временем регулирования $t_p^* = 0,70$ и перерегуливанием $\sigma = 5,8\%$; при возрастании коэффициента передачи объекта (кривая 2 на рис. 3) показатели качества будут: $t_p^* = 0,65$, $\sigma = 31\%$.

Показатели качества переходной характеристики системы для выходной переменной - температуры газа при изменении k_o в 3 раза, как показал анализ, остаются стабильными: $t_p^* = 3,1$; $\sigma = 0$.

Разработанный вариант САУ обеспечивает удовлетворительное качество переходных процессов. Недостатком системы является достаточно большое количество настраиваемых параметров (постоянные времени регулятора и фильтра), что в условиях неточной информации о численных значениях параметров исходной системы и их возможных вариациях затрудняет настройку САУ.

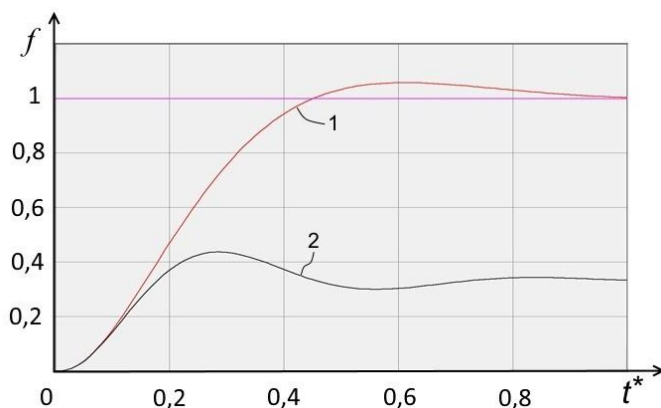


Рис. 3. Переходные характеристики изменения частоты вращения вентиляторов

б) В связи с этим представляется целесообразным рассмотрение упрощенного варианта САУ с использованием фильтра на входе системы в виде апериодического звена первого порядка с ПФ (6) и пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора, имеющего ПФ

$$W_R(p) = \frac{T_{R1}p + 1}{T_{R2}p}.$$

Как показал анализ, удовлетворительного качества управления в этом случае можно достигнуть, приняв параметры ПИ-регулятора:

$$T_{R1} = T_o; \quad T_{R2} = (1,0 \dots 1,2) k_{o1} k_E k_D T_o.$$

Переходные характеристики системы для частоты вращения вентиляторов при таком варианте настройки и $T_{R2} = k_{o1} k_E k_D T_o$ приведены на рис. 4. Кривая 1 – при расчетном значении k_o , показатели качества: $t_p^* = 2,4$; $\sigma = 0$; кривая 2 – при возрастании коэффициента передачи ОУ в 3 раза: $t_p^* = 1,1$, $\sigma = 10\%$.

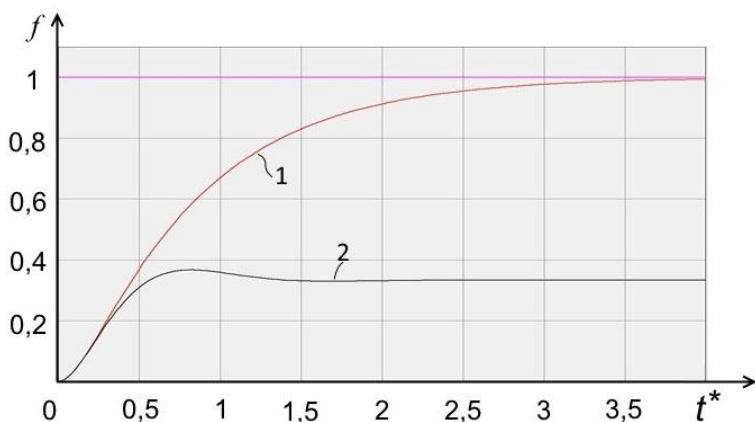


Рис. 4. Переходные характеристики изменения частоты вращения вентиляторов

Переходные характеристики для выходной переменной – температуры газа представлены на рис. 5: кривая 1 – для расчетного значения k_o , кривая 2 при возрастании k_o в 3 раза. В обоих случаях перерегулирование равно нулю, при возрастании k_o время регулирования уменьшается с 4,4 до 3,2.

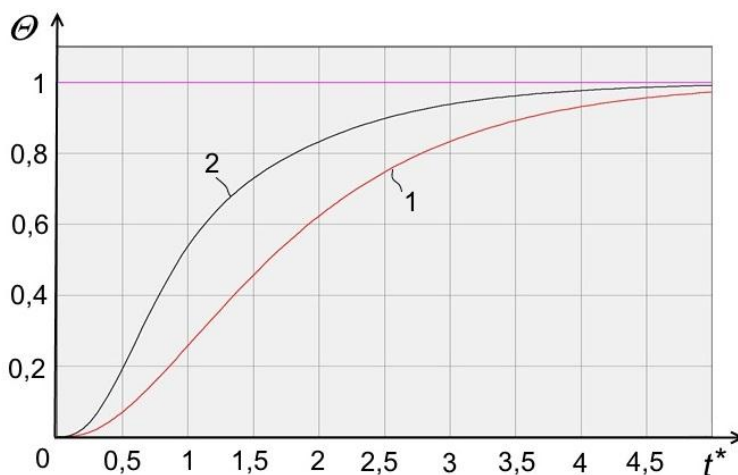


Рис. 5. Переходные характеристики изменения температуры газа

Таким образом, проведенный анализ показал, что во втором варианте САУ за счет выбора определенных параметров регулятора могут быть обеспечены удовлетворительные показатели качества процесса регулирования в условиях вариаций параметров объекта управления, при этом использование ПИ-регулятора упрощает наладку системы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ШВАРЦ Г. Р.: *Применение регулируемого электропривода в технологиях транспорта нефти и газа*. Г. Р. Шварц, А. М. Абакумов, Л. А. Мигачева, Ф.Н.Рассказов, П.К. Кузнецов. Книга 1. М. Машиностроение–1, 2008, – 240 с.
- [2] АЛИМОВ С. В.: *Моделирование установившихся процессов теплообмена в аппаратах воздушного охлаждения газа*. С. В. Алимов, И. А. Данилушкин, В. Н. Мосин // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки», 2010, № 2 (26), с. 178–186.
- [3] АБАКУМОВ А. М.: *Аналитическое и экспериментальное исследование стационарных режимов работы установок охлаждения газа компрессорных станций магистральных газопроводов*. А. М. Абакумов, С. В. Алимов, Л. А. Мигачева, Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки», 2010, № 7, с. 113–117.
- [4] АБАКУМОВ, А. М.: *Оптимизация стационарных режимов работы установок охлаждения газа компрессорных станций магистральных газопроводов*. А. М. Абакумов, С. В. Алимов, Л. А. Мигачева, В. Н. Мосин, Известия вузов, Электромеханика, № 3, 2011, с. 110–113.
- [5] АБАКУМОВ А. М.: *Автоматическое управление температурой газа на выходе аппаратов воздушного охлаждения*. А. М. Абакумов, С. В. Алимов, Л. А. Мигачева, В. Н. Мосин, Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки», 2011, № 1, Самара, 2011, с.151–158.
- [6] *Методы классической и современной теории автоматического управления. Синтез регуляторов систем автоматического управления*, Под ред. К.А. Пупкова и Н. Д. Егупова, М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004, 616 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ С УПРАВЛЯЕМЫМ ДЕМПФЕРОМ

В условиях возрастающих требований к качеству виброзащиты прецизионных металлообрабатывающих станков, измерительных комплексов, транспортных средств и других объектов всё более широкое применение получают «активные» системы виброзащиты (АСВ) [1, 8]. В качестве исполнительных элементов в таких системах используются звенья с управляемой жесткостью [2] или элементы с управляемым коэффициентом вязкого трения, в частности, управляемые магнито-реологические демпферы (МД) [3,4].

На рис.1, в качестве примера, представлена конструкция МД фирмы Delphi [5].

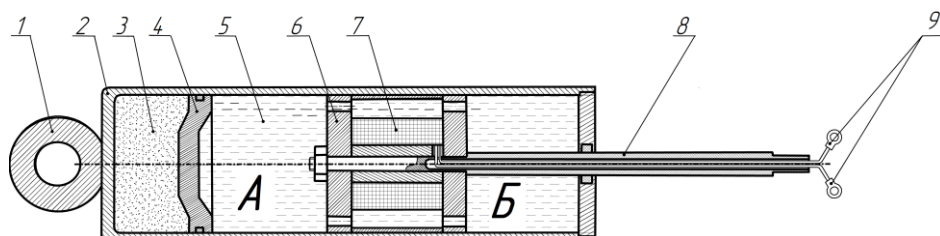


Рис. 1. Магнито-реологический демпфер

В таком демпфере приложенное к штоку 8 усилие в режиме «сжатие» заставляет перемещаться поршень 6 с обмоткой 7 вдоль корпуса демпфера 2 по направлению к нижнему креплению 1, что сопровождается одновременным перетеканием магнито-реологической жидкости 5 через дроссельные каналы поршня 6 демпфера из полости А в полость Б. Кавитация жидкости, возникающая при резких перемещениях поршня демпфера, устраняется поджатием жидкости через поршень 4 закаченным

¹ Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» (ФБОУ ВПО «СамГТУ», г. Самара) Севастополь
e-mail: em@samgtu.ru, wtaran_ark@mail.ru

под давлением газом (поз.3, рис.1). Регулирующее воздействие в виде напряжения, подаваемого через контакты 9 на обмотки катушки 7, изменяет степень вязкости магнитореологической жидкости и позволяет управлять силой сопротивления, создаваемой магнитореологическим демпфером при движении.

При экспериментальном исследовании характеристик демпфера на специализированном комплексе с помощью кривошипно-шатунного механизма создавалось перемещение подвижного штока демпфера по гармоническому закону с различными частотами [8]. Измерялись значения частоты ω , максимальной линейной скорости V подвижного штока и соответствующее усилие F , создаваемое демпфером при различных значениях управляющего напряжения.

По результатам обработки экспериментальных данных установлено, что линеаризованное уравнение для усилия, создаваемого демпфером, может быть представлено в виде

$$\Delta F = \beta_0 \Delta V + \beta_u \Delta V$$

где: β_0 – коэффициент передачи демпфера при токе управления, равном нулю,

β_u – коэффициент передачи по приращению тока управления.

Расчетная схема одномассовой системы виброзащиты с управляемым демпфером представлена на рис. 2.

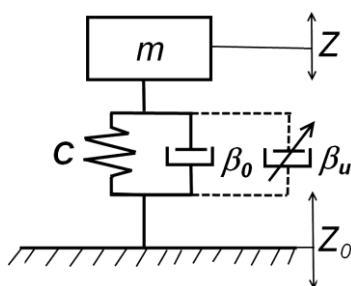


Рис. 2. Расчетная схема одномассовой системы виброзащиты

На рис. 2 обозначено: виброзащищаемый объект массой m , упругий элемент жесткостью C , неуправляемый и управляемый элементы вязкого трения (демпфер) с параметрами β_0 и β_u , соответственно; Z – перемещение виброзащищаемого объекта; Z_0 – кинематическое возмущение в виде перемещение основания.

Динамика рассматриваемой системы описывается дифференциальным уравнением

$$m \frac{d^2 Z}{dt^2} + (\beta_0 + \beta_u) \frac{d(Z - Z_0)}{dt} + C(Z - Z_0) = 0. \quad (1)$$

Передаточная функция (ПФ), соответствующая дифференциальному уравнению (1), для выходной переменной – скорости перемещения защищаемого объекта ($V = \frac{dZ}{dt}$) и входной переменной Z_0 имеет вид

$$W_B(p) = \frac{V(p)}{Z_0(p)} = \frac{p \left[\frac{\beta_0 + \beta_u}{C} p + 1 \right]}{\left[\frac{m}{C} p^2 + \frac{\beta_0 + \beta_u}{C} p + 1 \right]} = \frac{p[2\xi_1 T_1 p + 1]}{T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1}, \quad (2)$$

где: p – оператор Лапласа, $T_1 = \sqrt{\frac{m}{C}}$, $2\xi_1 T_1 = \frac{\beta_0 + \beta_u}{C}$.

ПФ для выходной переменной – ускорения защищаемого объекта ($\varepsilon = \frac{d^2 Z}{dt^2}$) и входной переменной Z_0 имеет вид

$$W_B(p) = \frac{\varepsilon(p)}{Z_0(p)} = \frac{p^2 \left[\frac{\beta_0 + \beta_u}{C} p + 1 \right]}{\left[\frac{m}{C} p^2 + \frac{\beta_0 + \beta_u}{C} p + 1 \right]} = \frac{p^2 [2\xi_1 T_1 p + 1]}{T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1}. \quad (3)$$

Разработанная с учетом ПФ (2) и (3) структурная схема (рис. 3) позволяет исследовать динамические характеристики разомкнутой по регулируемой переменной (скорости или ускорению) системы и оценить возможность снижения вибрационного поля за счет дискретного изменения регулирующего воздействия на МД.

В результате моделирования получены графики переходного процесса в системе при единичном ступенчатом воздействии со стороны основания (кривая 2, рис. 4а,б) для выходной переменной в виде скорости защищаемого объекта (кривая 1, рис.4а) и для выходной переменной в виде ускорения защищаемого объекта (кривая 1, рис. 4б).

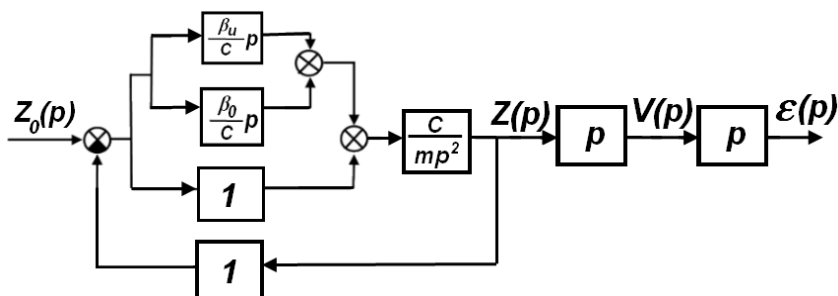


Рис. 3. Структурная схема системы

Переходные характеристики на рис.4а,б получены для следующих численных значений параметров: $m=400$ кг, $C=40$ кН/м, $\beta_0=2,8$ кПа·с·м, $\beta_u=0$ кПа·с·м, что соответствует типичным значениям параметров для амортизационных систем транспортных средств [6].

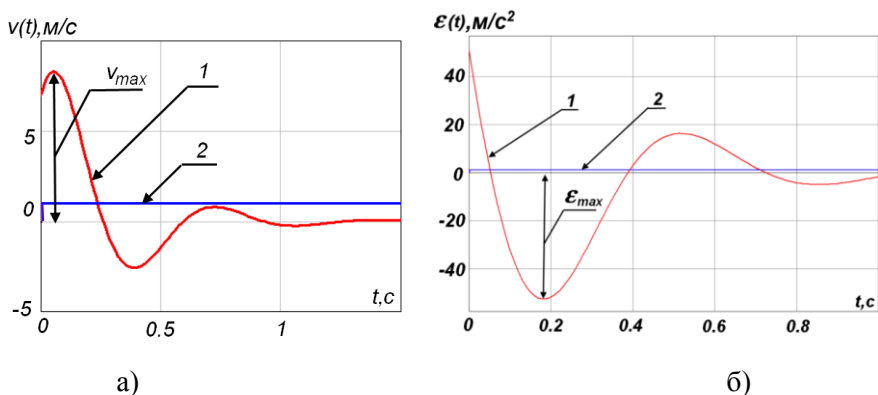


Рис. 4. Переходные характеристики системы

В результате обработки рассматриваемых переходных характеристик при различных относительных значениях $\beta_u^* = \frac{\beta_u}{\beta_0}$ регулирующего воздействия на демпфер получены зависимости относительных максимальных значений скорости $V_{\max}^* = \frac{V_{\max\Gamma}}{V_{\max0}}$ и ускорения $\varepsilon_{\max}^* = \frac{\varepsilon_{\max\Gamma}}{\varepsilon_{\max0}}$ ($V_{\max0}$ и $\varepsilon_{\max0}$ – максимальные скорость и ускорение при значении $\beta_u^* = 0$) защищаемого объекта от параметра β_u^* , представленные на рис.5а и рис.5б, соответственно.

Также исследованы зависимости виброскорости и виброускорения от параметра β_u^* в режиме стационарных гармонических колебаний.

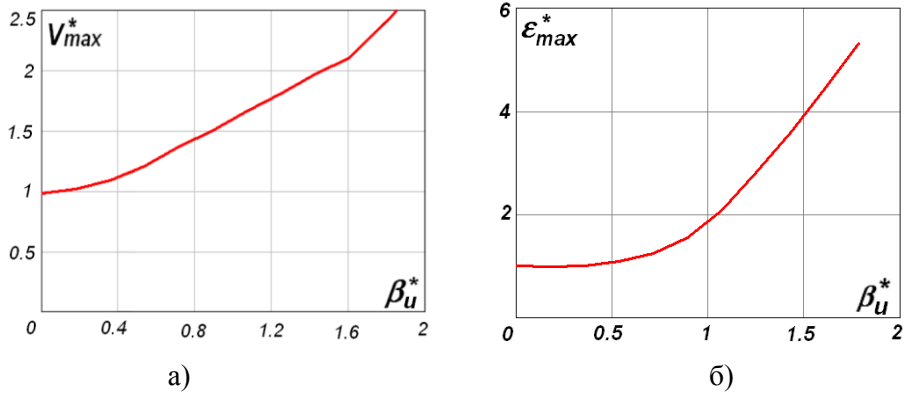


Рис. 5. Графики зависимости максимальной виброскорости и виброускорения от относительного параметра β_u^*

На рис. 6 а и рис. 6 б представлены соответственно графики амплитудной частотной характеристики (АЧХ) системы виброзащиты для скорости и ускорения защищаемого объекта: $A_1(\omega)$ и $A_2(\omega)$. Они получены для трех значений параметра β_u^* : кривая 1 соответствует значению $\beta_u^* = 0$; кривая 2 – $\beta_u^* = 0,5$; кривая 3 – $\beta_u^* = 1,1$.

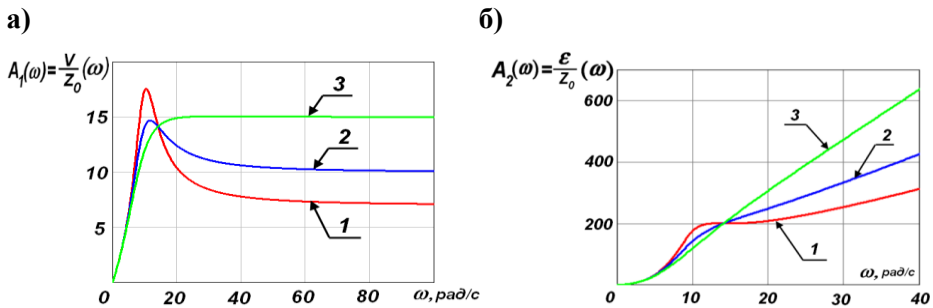


Рис. 6. АЧХ для скорости и ускорения защищаемого объекта

АЧХ виброскорости, как следует из рис.6а, при $\beta_u^* < 0,5 \div 0,7$ имеют экстремум, соответствующий собственной частоте колебаний системы, величина которого снижается при увеличении β_u^* . Наибольшее значение виброскорости при $\beta_u^* > 0,5 \div 0,7$ имеет место на резонансных частотах.

Наибольшее значение ускорения защищаемого объекта (рис. 6б) при различных значениях параметра β_u^* соответствует резонансным частотам.

Полученные зависимости могут быть использованы при перенастройке значений коэффициента вязкого трения управляемого демпфера с учетом характеристик возмущающего воздействия.

Существенного улучшения показателей качества виброзащиты можно достичь при использовании замкнутых («активных») систем.

Структурная схема разработанной замкнутой по виброскорости виброзащищаемого объекта системы виброзащиты показана на рис.7.

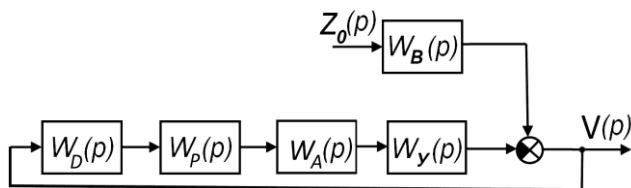


Рис. 7. Структурная схема АСВ

На схеме рис.7 обозначено:

– ПФ датчика $W_D(p) = k_D$.

где: k_D – коэффициент передачи датчика виброскорости;

– ПФ объекта для приращений по каналу управления

$$W_y(p) = \frac{k_y p}{T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1}$$

где: k_y – коэффициент передачи СВ по каналу управления;

– ПФ исполнительного устройства

$$W_A(p) = k_A$$

где: k_A – коэффициент передачи МД;

– $W_p(p)$ – ПФ регулятора.

По методике синтеза, предложенной в [7] определена структура и параметры регулятора, при которых снижение виброскоростей в заданном частотном диапазоне соответствует заданным требованиям.

Передаточная функция регулятора получена в виде

$$W_P(p) = \frac{a_2 p + a_1 + a_0 / p}{(T_1 p + 1)}, \quad (4)$$

где: $a_2 = \frac{T_1^2 (T_2 - T_1)}{k_A k_D k_\delta}$; $a_1 = \frac{(T_2 - T_1) \left(\frac{k_{u0} + \beta_u}{C} \right)}{k_A k_D k_\delta}$; $a_0 = \frac{T_2 - T_1}{k_A k_D k_\delta}$.

T_2 – постоянная времени, соответствующая левой границе частотного диапазона, в котором подавляются колебаний;

$$k_\delta = V_{\delta 0} / C, \quad k_{u0} = \beta_{u0} / C,$$

β_{u0} – линеаризованное значение коэффициента передачи по току управления;

$V_{\delta 0}$ – значение скорости подвижной части демпфера в точке линеаризации.

На рис. 10 представлена структурная схема замкнутой системы с синтезированным регулятором (4).

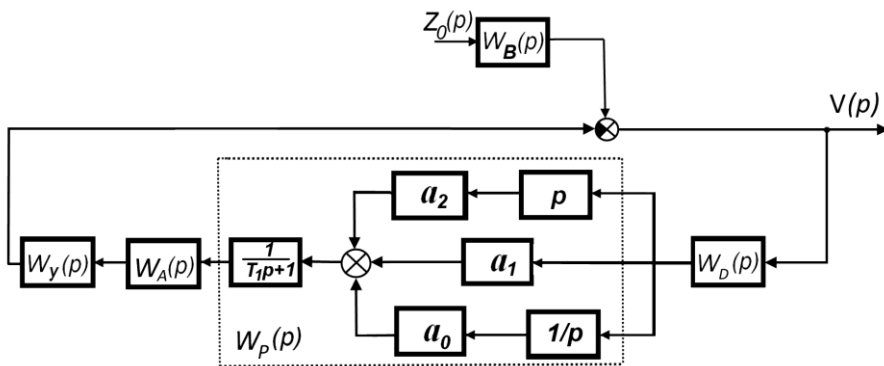


Рис. 8. Структурная схема с учетом ПФ регулятора

Структура регулятора предполагает использовать сигналы по перемещению, виброскорости и виброускорению защищаемого объекта.

В результате численного моделирования получена (рис. 9) переходная характеристика замкнутой системы (кривая 2) для выходной переменной в виде виброскорости защищаемого объекта. Здесь же для сравнения приведена кривая переходной характеристики системы в разомкнутом состоянии (кривая 3).

Как следует из приведенных графиков, при ступенчатом возмущающем воздействии (кривая 1) максимальное значение виброскорости защищаемого объекта в замкнутой системе снижается почти в 10 раз по сравнению со значением этого показателя в разомкнутой системе, что доказывает эффективность синтезированного регулятора.

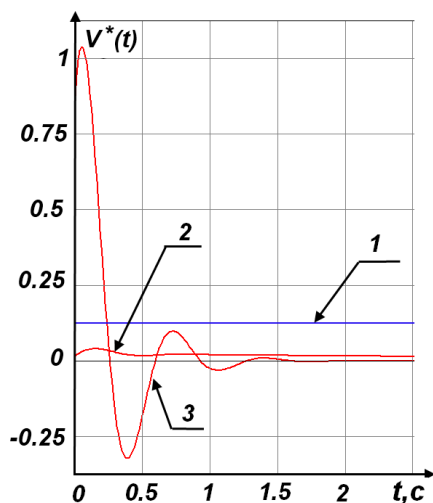


Рис.9. Переходные характеристики АСВ с УД: 1 – входное ступенчатое воздействие; 2 – замкнутой системы; 3 – разомкнутой системы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] ЧЕГОДАЕВ Д. Е.: *Управляемая виброизоляция (Конструктивные варианты и эффективность)*. Чегодаев Д. Е., Шатилов Ю. В. Самара: Самар. аэрокосм. ун-т, 1995, 144 с.: ил.
- [2] АБАКУМОВ А. М., МИАТОВ Г. Н.: *Control algorithms for active vibration isolation systems subject to random disturbance*. Journal of Sound and Vibration, № 289, 2006, pp. 889–907.
- [3] PRAKASAR R. S., SUJATHA C., NARAYANAN S.: *Optimal semi-active preview control response of a half car vehicle model with magnetorheological damper*. Journal of Sound and Vibration, № 326, 2009, pp. 400–420.
- [4] ГОРДЕЕВ Б. А.: *Системы виброзащиты с использованием инерционности и диссипации реологических сред*. Гордеев Б. А., Ерофеев В. И., Синёв А. В., Мугин О. О. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004, 176 с.

- [5] Delphi MagneRide. Сайт «MOTOR-TALK – Europas größte Auto- und Motor-Community!», <http://www.motor-talk.de/forum/aktion/Attachment.html?attachmentId=359392>.
- [6] РОТЕНБЕРГ Р. В.: *Подвеска автомобиля. Изд-е, перераб. и доп.* М., «Машиностроение», 1972, 392 с.
- [7] АБАКУМОВ А. М.: *Исследование динамических воздействий на блоки сложных изделий при морской транспортировке.* Абакумов А. М., Мятлов Г. Н., Широков С. В., Рандин Д. Г. Вестник МГТУ Станкин, 2012, № 4 (23), с. 56–59.
- [8] АБАКУМОВ А. М., ГОНТА О. П., ТАРАНЕНКО В. А.: *Экспериментальные исследования модуля активной виброзащиты прецизионного механического оборудования.* II Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna 18–21.10.1999, Moduliwe Technologie i Konstrukcje w Budowie Maszyn, Rzeszów-Smerek, Wydanie specjalne Kwartalnika Naukowo-Technicznego TECHNOLOGIA I AUTOMATYZACJA MONTAŻU, № 4, s.14–17.

ZARYS EKSPERTOWEGO SYSTEMU WSPOMAGAJĄCEGO PROJEKTOWANIE ZAUTOMATYZOWANYCH SYSTEMÓW OBRÓBKOWYCH (ZSO)

1. WPROWADZENIE

Proces projektowania ZSO jest procesem wieloetapowym i należy do procesów interdyscyplinarnych [1, 2] wymagających rozwiązania wielu trudno formalizowanych zadań.

Do trudno formalizowanych zadań zalicza się zadania w przypadku których:

- nie istnieje dokładnie zdefiniowana funkcja celu,
- nie istnieje ściśle algorytmiczne rozwiązanie zadania.

Specyficzne cechy trudno formalizowanych zadań to:

- niejednoznaczność, sprzeczność, niepełność i błędy w danych wejściowych;
- niepełny zakres wiedzy o problemach i zadaniach;
- wielowymiarowość przestrzeni rozwiązań tzn. konieczność wyboru jednego rozwiązania z wielu możliwych;
- dynamicznie zmieniające się dane i wiedza.

Jednym z narzędzi służących do rozwiązywania trudno formalizowanych zadań jest system ekspertowy (SE). Wykorzystuje on mającą indywidualny charakter heurystyczną wiedzę ekspertów pochodzącą z takich źródeł jak: obserwacja, eksperyment, prognoza, itp.

Do podstawowych elementów struktury systemów ekspertowych można zaliczyć [3,4]:

- bazę wiedzy (np. zbiór reguł);
- bazę danych (np. dane o obiekcie, wyniki pomiarów, hipotezy),
- procedury wnioskowania,
- procedury objaśniania,

¹ Katedra Automatyki i Robotyki, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska, Kielce

² Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36, e-mail: a.swic@pollub.pl

- procedury sterowania dialogiem,
- procedury rozszerzania i modyfikacji wiedzy.

Procedury: wnioskowania, objaśniające strategię wnioskowania, sterowanie dialogiem, modyfikacji i rozszerzanie wiedzy, nazywane są również interpretatorem.

Interpretator określa zbiór reguł, które są prawdziwe na zbiorze bieżących danych i realizuje konieczne procesy, w szczególności:

- proces wyboru ze zbioru reguł R podzbioru aktywnych reguł AR i ze zbioru danych D podzbioru aktywnych danych AD ;
- proces wyznaczający zbiór oznaczonych par, reguła (r_i) – dane (d_i) , gdzie r_i należy do AR a d_i do AD , przy czym dla każdej reguły r_i wyznaczone są spełniające jej wymagania dane d_i ;
- proces rozwiązywania konfliktów określający uczestniczące w procesie pary (reguła-dane). Dla rozwiązywania konfliktów są stosowane dynamiczne heurystyki.
- proces wykonujący wybrane reguły (realizacja zdarzeń wskazanych w regułach). Wynikiem jest modyfikacja danych lub operacja wejścia/wyjścia.

Współpraca użytkownika z SE odbywa się w trybie dialogu. Podstawowym efektem współpracy z użytkownikiem jest pozyskiwanie wiedzy, która jest następnie organizowana i przedstawiana w postaci zrozumiałej dla systemu i użytkownika. Pozyskiwanie wiedzy jest często wąskim gardłem budowy systemów ekspertowych i ogólnie systemów sztucznej inteligencji.

Jednym podstawowych zadań procesu projektowania ZSO, jest wybór urządzeń technologicznych o uzgodnionych możliwościach współpracy mechanicznej i informacyjnej, zdolnych zrealizować założone w zadaniu projektowym procesy technologiczne. Zadanie to należy do zadań o wielowymiarowej przestrzeni rozwiązań i wymaga korzystania z wiedzy ekspertów.

Wybór i specyfikacja urządzeń są prowadzone etapami. Etap grupowania operacji technologicznych, obrabiarek i urządzeń technologicznych pozwala określić grupy obrabiarek i urządzeń technologicznych na których można prowadzić obróbkę określonych w wyniku grupowania grup elementarnych powierzchni technologicznych.

Przewidziane do obróbki rodziny części lub części przedstawiciele są opisane zbiorem powierzchni elementarnych i pogrupowane według ich rodzaju. Powierzchnie elementarne mogą być generowane z pliku wyjściowego systemów CAD/CAM w języku EXPRES [5, 6, 10, 11]. Powierzchnia elementarna to geometrycznie prosta powierzchnia (walec, stożek, kieszeń), której uzyskanie możliwe jest jednym narzędziem przy ustalonym bazowaniu i zamocowaniu półfabrykatu. Powierzchnie elementarne określa norma ISO [5, 6, 11].

Zastosowany w kolejnym etapie system ekspertowy pozwala wybrać z grup obrabiarek i urządzeń technologicznych te obrabiarki i urządzenia, które umożliwiają realizację procesów technologicznych w projektowym ZSO.

Ekspertowy system wspomagający projektowanie ZSO, a w szczególności wybór urządzeń technologicznych i struktury ZSO, to pakiet programów wykorzystujący w procesie projektowania wiedzę i doświadczenie ekspertów.

2. HIERARCHICZNA STRUKTURA SE WSPOMAGAJĄCEGO PROJEKTOWANIE ZSO

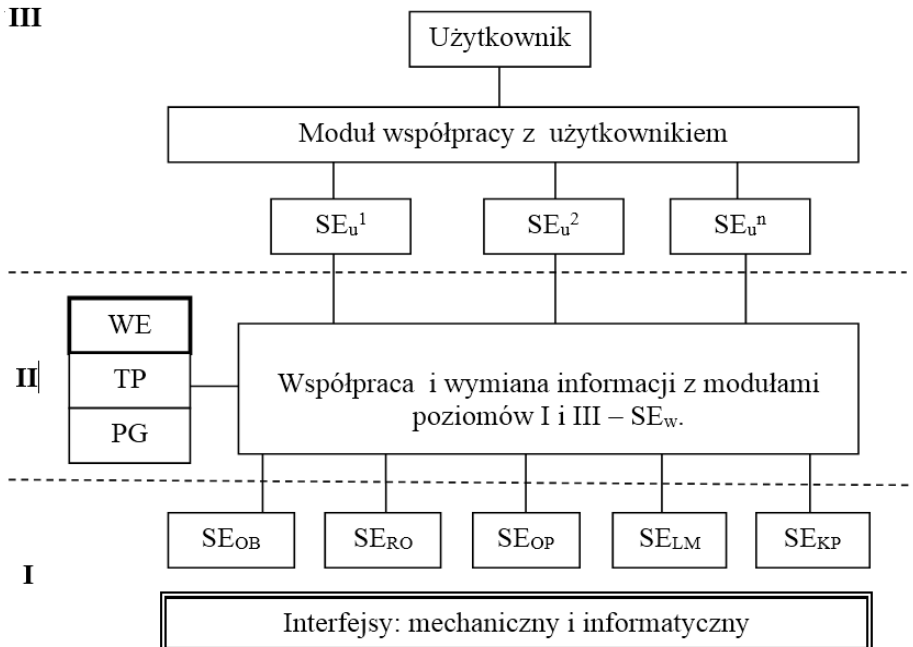
Zgodnie z hierarchią danych i wiedzy, przetwarzanych w procesie projektowania, system wspomagający projektowanie ZSO powinien być systemem hierarchicznym zbudowanym w oparciu o strukturę „tradycyjnego” systemu ekspertowego i powinien posiadać następujące elementy:

- bazę danych przechowującą dane opisujące urządzenia technologiczne, narzędzia, oprzyrządowanie, półfabrykaty i gotowe części. Dane są wykorzystywane w procesie projektowania nowych ZSO lub rekonstrukcji już istniejących [5,6];
- bazę wiedzy przechowującą zbiór związanych reguł, zgrupowanych zgodnie z hierarchią podejmowanych decyzji i pozwalających na wybór dopuszczalnych urządzeń technologicznych o uzgodnionych interfejsach: mechanicznym i informacyjnym;
- interpretator pozwalający na podstawie opisu zadania, wyników grupowania, przechowywanej w systemie wiedzy i danych, zrealizować postawione przed nim zadania projektowe np. uściślenie wyboru urządzeń technologicznych;
- program współpracy z użytkownikiem w trybie dialogu, w znanym przez niego języku;
- moduł pozyskiwania wiedzy;
- moduł objaśniający, pozwalający wyjaśnić działania podjęte przez system – dlaczego niektóre wnioski zostały przyjęte a inne odrzucone.

Często cykl pracy interpretatora dzielony jest na dwa etapy: rozpoznawanie i działanie. Do etapu rozpoznawania są wliczane wtedy etapy: wyznaczania par i rozwiązywania konfliktów. Na etapie wyboru dokonywany jest wybór z bazy wiedzy podzbioru reguł, które będą użyte w bieżącym cyklu w odniesieniu do zbioru danych przekazanych przez system grupowania urządzeń, procesów i operacji technologicznych (nowego lub z bazy danych).

Rysunek 1 przedstawia SE realizujący podstawowe funkcje hierarchicznego SE wspomagającego projektowanie ZSO. Struktura SE jest strukturą otwartą. Umożliwia dodawanie nowych poziomów o formatach zgodnych z formatami struktury bazowej.

III



Rys. 1 Struktura hierarchicznego systemu ekspertowego wspomagającego projektowanie ZSO: WE – moduł wejściowy, TP – procesy technologiczne, PG – procedury grupowania, SE_uⁱ – procedury użytkownika (tworzenie zadań dla realizacji procesów technologicznych w projektowanym ZSO), SE_w – procedury projektowanie struktury ZSO dla realizacji procesów technologicznych, SE_{OB} – procedury wyboru obrabiarek, SE_{RO} – procedury wybór robotów i środków transportu, SE_{OP} – procedury wyboru oprzyrządowania, SE_{LM} – procedury wyboru lokalnych magazynów i stacji załadunku rozładunku, SE_{KP} – procedury wyboru urządzeń kontrolnych i pomiarowych.

3. WYBRANE ZADANIA HIERARCHICZNEGO SE WSPOMAGAJĄCEGO PROJEKTOWANIE ZSO

Zadania, które można przyporządkować podsystemom tworzącym hierarchiczny SE można rozdzielić pomiędzy trzy poziomy (rys.1):

- I. SE uściślonego wyboru urządzeń technologicznych i innych obiektów realizujących przepływ strumieni materialnych potrzebnych do obróbki przewidywanej rodziny części. Są to: obrabiarki, lokalny transport, lokalne magazyny, urządzenia kontroli i pomiaru, narzędzia, oprzyrządowanie. Parametry urządzeń technologicznych powinny za-pewniać współpracę na poziomie mechanicznym i informacyjnym.

- II. SE wspomagające projektowanie struktury ZSO. Strukturę tworzą połączone i współpracujące ze sobą urządzenia technologiczne. Projektowanie przebiega w procesie współpracy podsystemów poziomu III (zadania użytkownika) i poziomu I (wybór urządzeń).
- III. SE formułujące założenia w przypadku nowych urządzeń technologicznych wchodzących w skład modułów obróbkowych, jeżeli w bazie danych nie ma urządzeń o wymaganych charakterystykach oraz formułujące założenia do ZSO realizujących procesy technologiczne istniejące w bazie. Przeprowadza współpracę z użytkownikiem.

Oprogramowanie poziomu III organizuje dialog użytkownika z SE. Przy pracy zespołowej rozdziela funkcje uczestników dialogu, śledzi stan dialogu, realizuje przetwarzanie zapytań bieżącego stanu dialogu tzn. przetwarza zapytania z postaci języka rzeczywistego na postać wewnętrzną lub realizuje proces odwrotny.

3.1. PODSYSTEMY PIERWSZEGO POZIOMU (I)

Podsystemy pierwszego poziomu wspomagają zadania wyboru obrabiarek i urządzeń technologicznych z grup utworzonych w procesie grupowania.

Uogólniona struktura oprogramowania wyboru obrabiarek i urządzeń technologicznych SE pierwszego poziomu jest podobna dla SE każdego rodzaju urządzeń wchodzących w skład ZSO i zawiera:

1. Moduł wejścia.
2. Moduł określenia i wyboru bloków realizujących wymagane funkcje maszyn i urządzeń technologicznych niezbędne do realizacji procesów technologicznych oraz wyboru na tej podstawie maszyn i urządzeń z grup utworzonych w procesie grupowania.
3. Moduł określenia zbioru sygnałów sterujących i zwrotnych urządzeń technologicznych pracujących w ZSO.
4. Określenie operacji kontroli i pomiaru jak również wybór na tej podstawie urządzeń pomiaru oraz kontroli.
5. Moduł wyjścia.

Informację modułu wejścia stanowią dane o [1,2,5,6]:

- grupach powierzchni elementarnych rodziny części lub powierzchniach elementarnych części przedstawicieli;
- operacjach technologicznych w przypadku pogrupowanych powierzchni elementarnych;
- modułach funkcjonalnych urządzeń technologicznych niezbędnych do realizacji operacji procesu technologicznego;
- wynikach grupowania urządzeń technologicznych.

Informację wyjściową z SE stanowią:

- specyfikacja modeli urządzeń technologicznych, narzędzi, oprzyrządowania do realizacji obróbki rodziny grupy części określonej w zadaniu projektowym;
- specyfikacja środków pomiarów i kontroli;
- zbiór sygnałów sterujących i zwrotnych używanych przez systemy sterowania maszyn i urządzeń wybranych do pracy w ZSO.

Zadania są rozwijane i uszczegółowiane w przypadku każdego modułu odnoszącego się do wyboru obrabiarek i innych rodzajów urządzeń technologicznych.

3.1.1. SE wyboru obrabiarek i urządzeń technologicznych

Problem wyboru obrabiarek był stosunkowo często poruszonym problemem projektowania ZSO, a metodyce wyboru obrabiarek poświęcono wiele opracowań. Opracowania te proponują między innymi: wybór obrabiarek w oparciu o analizę wielokryterialną [7], punktację wagową i wnioskowanie rozmyte [8].

Wybór obrabiarek i urządzeń technologicznych do zadania projektowego jest poprzedzony na ogół grupowaniem. W procesie grupowania wyodrębnia się zbiory obrabiarek, odpowiednich do obróbki zbiorów pogrupowanych powierzchni elementarnych lub części przedstawicieli.

SE pierwszego poziomu pozwala uszczegółwić wybór obrabiarek i urządzeń technologicznych w oparciu o wyniki grupowania. Wskazuje obrabiarki spełniające najlepiej określone w zadaniu projektowym kryteria wynikające z realizowanych w ZSO procesów technologicznych i założonego poziomu automatyzacji. Wiele opracowań dotyczy metodyki wyboru robotów i innych urządzeń technologicznych stosowanych w ZSO [9].

W oparciu o opracowane metodologie wyboru obrabiarek i urządzeń technologicznych są budowane procedury, stosowane w SE wspomagających projektowanie ZSO.

3.1.2. SE wyboru narzędzi skrawających i oprzyrządowania – przykład zastosowania wiedzy ekspertów

Wiedza ekspertów jest wykorzystana również w mniej popularnych ale nie mniej ważnych obszarach wspomagania projektowania ZSO. Jednym z nich jest wybór narzędzi skrawających i oprzyrządowania.

SE wyboru narzędzi skrawających (SE_{OP}) należy do pierwszego poziomu hierarchicznego SE. Zadaniem modułu jest wspomaganie z zastosowaniem wiedzy ekspertów specyfikacji narzędzi i oprzyrządowania oraz pomoc przy wyznaczania parametrów skrawania i mocy skrawania.

Dane charakteryzujące narzędzia i oprzyrządowanie znajdują się w powiązanych tabelach bazy danych modułu, która jest częścią ogólnej bazy danych SE. Podstawowa tabela zawiera dane o powierzchniach elementarnych. Pozostałe tabele odnoszą się do oprawek narzędzi i mocowania płytek. Moduł wspomaga wybór rodzaju płytek, ich mocowania i materiału płytek (w tym płytek obrotowych) oraz optymalizuje wybór końcowego zestawu płytek. Przy wyborze wykorzystywana jest w dużym zakresie wiedza ekspertów.

Wybór narzędzia przebiega w kilku etapach. Przy wyborze należy uwzględniać wiele czynników mających wpływ na ocenę narzędzia. Na przykład, wybór oprawek noży tokarskich zależy od warunków pracy noża t.j.: siły skrawania uzależnionej od rodzaju obróbki (zgrubna, wykańczająca), geometrii i wymiarów części skrawającej, sposobu zamocowania płytek, sposobu odprowadzania ciepła, czasu wymiany płytki z zachowaniem pewności bazowania i mocowania płytki w oprawce. W celu poprawnego wyboru jest formułowana wielokryterialna funkcja celu, umożliwiająca dobór narzędzia o odpowiedniej geometrii i materiale płytek, optymalnie do warunków obróbki, gwarantującego stabilną pracę przy minimalnych drganiach i właściwym łamaniu wiórów.

Wybór narzędzi można zracjonalizować uwzględniając zweryfikowane badaniami testowymi oceny ekspertów. Oceny ekspertów mogą służyć między innymi do: optymalnego wyboru geometrii płytek odpowiednich do obrabianego materiału, maksymalizacji stabilności płytek, oceny wpływu geometrii płytek na ograniczenie mocy skrawania itp.

W procesie wyboru optymalnego zestawu narzędzi można wykorzystać zorientowany ważony graf – $G(X, E_{ij})$ gdzie E_{ij} reprezentuje wierzchołki powiązane z poziomami (j – poziomy grafu, i – liczba wierzchołków na jednym poziomie). Wierzchołki rozmieszczone na poziomach reprezentują:

- rodziny części obrabianych w ZSO, powierzchnie elementarne (PE) opisujące rodzinę części,
- rodzaje narzędzi skrawających, do obróbki PE rodziny części,
- sposoby mocowania płytek skrawających (w tym obrotowych),
- zdolność odprowadzania wiórów
- czas zmiany (obrotu) płytki przy uszkodzeniu,
- rodzaje i typy oprawek,
- rodzaje i typy płytek obrotowych,
- kryteria wyboru płytek, dla rozpatrywanych warunków obróbki (może być rozpatrywane kilka poziomów warunków),
- wybór wymiarów płytek,
- wybór materiału płytki,
- uśredniona wartość mocy skrawania w przypadku danego narzędzia z płytką o danych wymiarach.

Wynikiem analizy jest specyfikacja narzędzia i płytek.

Tab. 1. Oceny ekspertów do wyboru płytek

T1 Płytki obrotowe				
Oprawka	Płytki obrotowe			
O1	P1	P2	P3	P4
T2 Wybór płytek				
	Oceny ekspertów			
Kryteria	P1	P2	P3	T4
Kryteria 1	2	4	3	3
.....				
Kryteria 5	4	3	2	3

Wagami łuków grafu są oceny ekspertów wyboru zamocowania, typowymiaru płytki itp. Oceny ekspertów znajdują się w odpowiednich tablicach bazy danych.

Przykład zapisu ocen ekspertów przy wyborze płytek przedstawiono w tab. 1.

W oparciu o zbudowany graf jest realizowany wybór najlepszego narzędzia i najlepszych płytek. Ustalane są eksperymentalnie wartości ocen (wagi) odpowiadające najlepiej sytuacji technologicznej opisanej kryteriami. Następnie wyznacza się drogę przejścia wzdłuż grafu. Przejście prowadzi się tak, żeby wartość sumy ocen nie była mniejszą od sumy ustalonej wcześniej w przypadku danej sytuacji technologicznej. Wartość jest sumą iloczynu liczby ocen (łuków) na drodze przejścia przez ustaloną minimalną dopuszczalną wartość oceny eksperta. Drogę można wyznaczać zgodnie z algorytmem Dijkstry.

Na podstawie zbioru dróg jest określana specyfikacja narzędzi i płytek zapewniających właściwą obróbkę rodziny części w projektowanym ZSO.

3.1.3. Podsystem wyboru urządzeń kontrolno – pomiarowych SE_{KP}

SE jest przeznaczony do wspomagania opracowania struktury operacji kontrolno - pomiarowych i metod pomiaru oraz wyboru urządzeń kontrolno-pomiarowych.

Danymi wejściowymi podsystemu SE_{KP} są: wymagania jakościowe w stosunku do części; dane pomiaru podobnie obrabianych części (oparte na doświadczeniu, zapisane w bazie danych); dane o zalecanych narzędziach, oprzyrządowaniu, procesie technologicznym i specyfikacji urządzeń technologicznych; wielkości i seryjności produkcji.

Baza wiedzy zawiera statystyki i uogólnioną wiedzę ekspertów potwierdzoną obserwacjami z praktyki. W procesie przetwarzania są uwzględniane również wyniki analizy technologicznych łańcuchów wymiarowych i łańcuchów pomiarowych.

Wynikiem przetwarzania danych wejściowych i wiedzy ekspertów są zalecenia dotyczące:

- operacji kontrolno-pomiarowych, które należy przeprowadzić w czasie rzeczywistym przebiegu procesu oraz miejsca przeprowadzenia pomiaru (miejsca powstawania błędów);
- modeli i typów przyrządów kontrolno-pomiarowych;
- wprowadzenia do procesu technologicznego dodatkowych cykli kontrolno-pomiarowych, szczególnie w przypadku materiałów trudnoobrabialnych;
- zastosowanych narzędzi w odniesieniu do wymaganej dokładności;
- źródeł błędów.

3.2. PODSYSTEMY DRUGIEGO POZIOMU (II)

Drugi poziom SE realizuje następujące zadania:

- uzyskuje informacje wejściową z poziomów I i III,
- wspomaga projektowanie struktury modułów ZSO realizujących założone procesy technologiczne,
- określa zbiór sygnałów sterujących zaproponowanych modułów i sygnałów zapewniających ich współpracy w ZSO,
- prowadzi dialog z użytkownikiem, przekazuje informacje zwrotną.

Informację wejściową stanowią: zbiory elementarnych powierzchni technologicznych, zbiór procesów technologicznych, rezultaty pracy SE pierwszego poziomu (obrabiarki, urządzenia).

Już na etapie projektowania ZSO należy zadbać o zapewnienie współpracy urządzeń technologicznych przy pomocy interfejsów mechanicznych i informacyjnych. Interfejsy mechaniczne powinny zapewniać: zgodność ruchów organów wykonawczych urządzeń technologicznych z wymaganą prędkością i dokładnością oraz wymaganą nośność. Wymagania w odniesieniu interfejsów są formułowane przez SE trzeciego poziomu. W związku z tego rodzaju wymaganiami należy przeprowadzić dokładną analizę funkcji powiązań urządzeń technologicznych. Jeden z wyników analizy powinien odpowiadać na pytanie. Czy wyniki dotychczasowych prac projektowych zapewniają wymagane funkcje interfejsowe. Czy funkcja „jest zapewniona” czy „nie jest zapewniona”.

Wartości „zapewnia” i „nie zapewnia” są umowne i nieprecyzyjne, ale wskazują, które urządzenia technologiczne odpowiadają określonym w zadaniu projektowym wymaganiom współpracy w ZSO. Pokazują również zapotrzebowanie na bufory oraz urządzenia kompensujące, między innymi niedokładność przemieszczeń elementów wykonawczych.

Jeżeli urządzenia o wymaganej charakterystyce nie można kupić, SE poziomu drugiego przekazuje do poziomu wyższego, a stąd do CAD/CAM zapotrzebowanie na zaprojektowanie nowego urządzenia.

3.3. PODSYSTEMY TRZECIEGO POZIOMU (III)

Trzeci poziom SE realizuje następujące zadania:

- uzyskuje informacje wejściową z poziomów I i II,
- formułuje zgodnie z przeznaczeniem, wymagania w stosunku do urządzeń technologicznych realizujących procesy technologiczne określone w zadaniu projektowym,
- formułuje wymagania odnośnie interfejsów mechanicznych i informacyjnych maszyn i urządzeń współpracujących w ZSO,
- formułuje do systemu CAD/CAM założenia i zadania projektowe na nowe specjalistyczne urządzenia technologiczne,
- prowadzi dialog z użytkownikiem i podsystemami niższych poziomów (II) i (III).

Systemy ekspertowe budowane są w przypadku każdej grupy maszyn i urządzeń technologicznych przewidywanych do pracy w ZSO.

4. KRYTERIA KOŃCOWEGO WYBORU WARIANTU URZĄDZEŃ TECHNOLOGICZNYCH ZSO OKREŚLONEGO ZADANIEM PROJEKTOWYM

Wynikiem pracy drugiego poziomu SE jest dość dokładna specyfikacja wariantów modułów technologicznych lub ZSO zbudowanych z wybranych przy pomocy systemów ekspertowych pierwszego poziomu urządzeń technologicznych. Spośród tych wariantów należy wybrać wariant spełniający najlepiej kryteria zapisane w funkcji celu. Proces optymalizacji jest prowadzony w przypadku każdego z możliwych wariantów struktury ZSO.

Podstawowymi funkcjami celu w przypadku procesu projektowania ZSO są minimalizacja kosztów i maksymalizacja wydajności projektowanego ZSO [1, 2, 7].

Przy wyborze struktury ZSO jest uwzględniany również cały szereg cząstkowych funkcji celu. Ogólne i cząstkowe funkcje celu nie są addytywne tzn. uogólnione, ekstremum ogólnych funkcji celu nie oznacza, że osiągnięte zostało ekstrema funkcji cząstkowych.

Możliwe funkcje celu przedstawiają się następująco:

1. Ogólne funkcje celu:

- przewidywany koszt – minimum,
- koszt własny obróbki – minimum,
- wydajność – maksimum.

2. Cząstkowe funkcje celu:

- liczba personelu obsługującego – minimum,
- czas trwania cyklu obróbki – minimum,
- wielkość produkcji w toku – minimum,

- powierzchnia zajmowana przez produkcję – minimum,
- stosunek masy wyrobów do masy półfabrykatów (materiałochłonność) – minimum.

Na podstawie ogólnych i cząstkowych funkcji celu są budowane modele optymalnego wyboru jednego z alternatywnych wariantów ZSO [1,2,7].

5. PODSUMOWANIE

Proces projektowania ZSO należy do procesów interdyscyplinarnych [1, 2] wymagających rozwiązania wielu trudno formalizowanych zadań. Z tego względu celowym przedsięwzięciem jest komputerowe wspomaganie procesu projektowania ZSO. Ze względu na trudno formalizowane zadania, dobrym narzędziem wspomagającym proces projektowania jest hierarchiczny system ekspertowy.

Rodzina części wytwarzanych w ZSO jest projektowana przy pomocy systemów CAD/CAM, których wyjściem jest opis detalu w języku EXPRESS. Z pliku opisu części w języku EXPRESS można wyodrębnić elementarne obiekty technologiczne. W przypadku elementarnych obiektów technologicznych jest projektowana typowa technologia, która może być zaprojektowana również w wersji dostosowanej do przedstawicieli obrabianej rodziny części.

Technologia służy do dokonania wstępnej specyfikacji rodzajów potrzebnych urządzeń technologicznych. Analiza wymaganych przez technologię przepływów obiektów materialnych i informacji pozwala na modelowane wymaganych funkcji urządzeń technologicznych.

Na podstawie opisu części i półfabrykatów, opisu elementarnych powierzchni technologicznych i opisu funkcji urządzeń technologicznych jest przeprowadzane grupowanie urządzeń technologicznych, elementarnych powierzchni i jeżeli jest taka potrzeba części przedstawicieli. Grupowanie przeprowadza się w celu koncentracji operacji obróbkowych. W wyniku grupowania uzyskujemy przypisania części lub elementarnych powierzchni do grup obrabiarek i urządzeń technologicznych.

Część przedstawiciel 1 – lista urządzeń technologicznych,

Część przedstawiciel 2 – lista urządzeń technologicznych, itd.

lub

Elementarne powierzchnie technologiczne grupa1 – lista urządzeń technologicznych,

Elementarne powierzchnie technologiczne grupa2 – lista urządzeń technologicznych,

Lista tak wyodrębnionych urządzeń technologicznych nie zawiera wymagań odnośnie interfejsów.

Następnie, w parciu o wyniki grupowania, przy pomocy systemów ekspertowych pierwszego poziomu (I) jest przeprowadzone uszczegółowienie wyboru obrabiarek i urządzeń. Drugi poziom (II) odpowiada za warianty struktury, interfejsy mechaniczne i informatyczne oraz algorytmy systemu sterowania ZSO.

Ostateczny wybór końcowej struktury ZSO następuje w wyniku optymalizacji. Jeżeli projekt wymaga zastosowania nowej specjalistycznej obrabiarki lub urządzenia technologicznego formułowane są założenia konstrukcyjne dla systemów CAD/CAM

LITERATURA

- [1] ŚWIĆ A., TARANIENKO W.: *Projektowanie technologiczne elastycznych systemów produkcyjnych*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2003.
- [2] TULLIO TULLIO (redaktor): *Design of Flexible Production Systems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009.
- [3] MULA W. J.: *Systemy ekspertowe*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1996.
- [4] CHROMIEC J., STRZEMIECZNA E.: *Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa, 1994.
- [5] STAMIROWSKI J., BORKOWSKI K.: *Zintegrowany model danych dla systemu wspomagającego projektowanie zautomatyzowanych systemów wytwarzania, cz. I. Obiekty*. Technologia i automatyzacja montażu, (NiRM), ISSN 1230-7661, Ogólnopolski Kwartalnik Naukowo-Techniczny, Nr 2/2014, Warszawa, 2014.
- [6] STAMIROWSKI J., BORKOWSKI K.: *Zintegrowany model danych dla systemu wspomagającego projektowanie zautomatyzowanych systemów wytwarzania, cz. II. Atrybuty obiektów*. Technologia i automatyzacja montażu, (TiAM), ISSN 1230-7661, Ogólnopolski Kwartalnik Naukowo-Techniczny, Nr 4/2014, Warszawa, 2014.
- [7] GOLA A.: *Metodyka doboru podsystemu obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym klasy korpus*. Rozprawa doktorska, Politechnika Lubelska, Lublin, 2010.
- [8] HONCZARENKO J.: *Obrabiarki sterowane numerycznie*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
- [9] GOLA A., SKRZYPCZYŃSKI D., STAMIROWSKI J.: *Algorytm doboru robotów dla podsystemu transportu i manipulacji w zautomatyzowanych elastycznych systemach wytwarzania* [w:] Lipski J., Świć A., Bojanowska A.: *Innowacyjne metody w inżynierii produkcji*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2014, s. 50–64.
- [10] PN-ISO 10303–11. *Systemy integracji i automatyzacji przemysłowej*. Reprezentacja i wymiana danych o produktach, Metody opisu, Język EXPRESS.
- [11] MALLESWARIA V. N., M.VALLIB DR. P., SARCARC DR. M. M. M.: *Automatic Recognition of Machining Features using STEP Files*. International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 2, Issue 3, March 2013.

KOMPUTEROWE WSPARCIE PROCESÓW PREWENCYJNEGO UTRZYMANIA RUCHU – ANALIZA PRZYPADKU

1. WSTĘP

Chęć wzrostu poziomu efektywności eksploatacyjnej posiadanej infrastruktury technicznej stanowi dla przedsiębiorstw wyzwanie, zwłaszcza gdy poprawa jakości realizowanych działań wiąże się ściśle z obniżeniem kosztów zmiennych ponoszonych przez przedsiębiorców. Firmy oczekują wzrostu dostępności parku maszynowego oraz jak największej jego wydajności przy zachowaniu wysokiej jakości produktów. Równocześnie przedsiębiorstwa szukają oszczędności, niejednokrotnie uszczuplając budżet przeznaczony na gospodarkę remontowo- naprawczą. Mimo to, właśnie działania z zakresu utrzymania ruchu w dużej mierze decydują o terminowości realizowanych zleceń, poziomie jakości oraz jednostkowych kosztach produktu przez wzgląd na czas ich wykonania. Standardowymi działaniami podejmowanymi przez Służby Utrzymania Ruchu (SUR) są interwencje w przypadku awarii parku maszynowego oraz czynności wynikające ze strategii prewencyjnych. Nowoczesna strategia jaką jest predyktywne podejście do UR zyskuje coraz więcej zwolenników wśród przedsiębiorców [1], jednak mimo tego, do rzadkości nie należą przypadki, kiedy to podejmowane działania opierają się wyłącznie na zasadzie „gaszenia pożarów”.

Przeprowadzona analiza terminowości realizowanych w przedsiębiorstwie produkcyjnym działań z zakresu smarowania/olejenia części maszyn i urządzeń posłużyła w niniejszej pracy do skonfrontowania jej z zapisami ujętymi w dokumentacji techniczno-ruchowej trzech wybranych maszyn. Wysunięte wnioski posłużyły jako argument do wdrożenia rozwiązania, które wspierałoby periodyczne działania w zakresie wyznaczania terminów smarowania/olejenia.

¹ Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36, e-mail: e.kosicka@pollub.pl

² Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36, e-mail: d.mazurkiewicz@pollub.pl

Przygotowane narzędzie miało cechować się prostotą funkcjonowania, uniwersalnym sposobem działania dla wszystkich maszyn, a ponadto miało pozwolić na edycję w przypadku zachodzących zmian organizacyjnych produkcji (liczba zmian na dobę, czas trwania zmiany). Zaproponowano zatem zbudowanie na podstawie DTR arkuszy określających kolejny termin konserwacji przy uwzględnieniu czasu trwania oraz ilości zmian na dobę.

2. KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE W ZARZĄDZANIU EKSPLOATACJĄ

Wykorzystanie nowoczesnych technologii do wsparcia zadań realizowanych w przedsiębiorstwie dało możliwość usprawnienia kanału przepływu informacji pomiędzy wszystkimi jego poziomami. Specjalistyczne systemy komputerowe wspomagające UR okazały się być narzędziem pozwalającym na minimalizację nieplanowanych postojów (choćby przez wsparcie działań periodycznych) oraz na efektywne wykorzystanie infrastruktury przedsiębiorstwa. Oprócz wdrażania systemów wspierających organizację wszelkiego typu działań z obszaru utrzymania ruchu, podejmowane są również czynności zmierzające do aplikacji wielu rozwiązań informatycznych stosowanych do monitorowania i nadzorowania parku maszynowego. Obserwacje procesów produkcyjnych (zwłaszcza, gdy są one nieinwazyjne) cieszą się uznaniem, ze względu na dostarczanie informacji pozwalających na wnioskowanie o stanie maszyn, urządzeń czy też poprawności przebiegu samego procesu [2, 4]. Obserwacja procesów reszkowych możliwa jest przy wykorzystaniu chociażby kamer termowizyjnych [5], czujników wibroakustycznych [6], czy czujników ciśnienia [7].

Równie istotne z punktu widzenia niezawodności jest zapewnienie odpowiednich warunków pracy maszyn i urządzeń, rozumiane jako spełnianie wymagań stawianych przez producenta i określonych w dokumentacji techniczno-ruchowej. Wśród licznych uwag kierowanych do użytkowników infrastruktury technicznej dotyczących m.in. terminów przeprowadzanych okresowych i kapitalnych remontów, w większości przypadków widnieje zapis zawierający wskazania do terminowego wykonania smarowania i olejenia poszczególnych podzespołów i punktów smarownych maszyny. Wprowadzenie tych informacji do systemu komputerowego wspierającego UR w przedsiębiorstwie pozwala na zbudowanie bazy danych, która przy uwzględnieniu czasu pracy maszyn i liczbie zmian w ciągu doby daje możliwość wskazania terminu kolejnego smarowania/olejenia.

3. BADANIE ANKIETOWE I ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW

Badanie ankietowe zostało przeprowadzone wśród pracowników działu utrzymania ruchu przedsiębiorstwa z sektora MSP zajmującego się produkcją cukierków. Analiza sposobu funkcjonowania przedsiębiorstwa wykazała brak systemu wspierającego działania z obszaru UR – informacje o zaistniałych awariach są jedynie odnotowywane w kartach pracy maszyn, jednak kierownictwo wskazało na niekompletność prowadzonych zapisów. Kadra zarządzająca potwierdziła dodatkowo brak nadzoru nad pracownikami UR w obszarze terminowego wykonywania działań konserwacyjnych. Ponadto źródłem podejrzenia nieterminowego smarowania/olejenia lub wręcz braku podejmowanych w tym zakresie czynności była częstotliwość awarii jednej z kategorii części tj. łożysk, co z kolei może wskazywać na zaniedbania w zakresie konserwacji. Podjęto zatem próbę ustalenia czy przypuszczenia Kierownictwa są słuszne i czy pracownicy UR wykonują obowiązki z zakresu smarowania/olejenia w odstępach czasowych przewidzianych przez dokumentację techniczno-ruchową. W celu przeprowadzenia badania posłużono się metodą gromadzenia informacji jaką jest ankieta. Pozwoliła ona zaczerpnąć odpowiedzi wprost od pracowników UR, które należało odnieść do zapisów w DTR. Wyniki badań miały stać się również argumentem do podjęcia działań polegających na wdrożeniu doraźnych środków komputerowego wspomaganie działań prewencyjnych wykonywanych przez UR.

Celem ankiety było uzyskanie informacji o częstotliwości smarowania części trzech wybranych maszyn w przedsiębiorstwie- automatu pakującego EUROSICMA, automatu zawijającego BOSCH oraz częstotliwości kontroli poziomu oleju i wymiany filtra w automacie pakującym ACMA i skonfrontowanie ich z zaleceniami wynikającymi z dokumentacji techniczno-ruchowej.

Przeprowadzona ankieta składała się z trzech części. W pierwszej zadano pytania o podstawę podejmowania decyzji odnośnie konieczności smarowania maszyn i urządzeń posiadanych przez przedsiębiorstwo oraz o częstotliwość występowania awarii parku maszynowego. Druga część ankiety zawierała tabele z nazwami części i podzespołów maszyny EUROSICMA oraz BOSCH. Pracownicy zostali poproszeni o wskazanie które z nich podlegają smarowaniu i z jaką częstotliwością. Trzecia część ankiety dotyczyła automatu zawijającego ACMA – zapytano o częstotliwość kontroli poziomu oleju oraz wymiany filtra oleju. Część wyników uzyskanych podczas badania przedstawiono na wykresach.

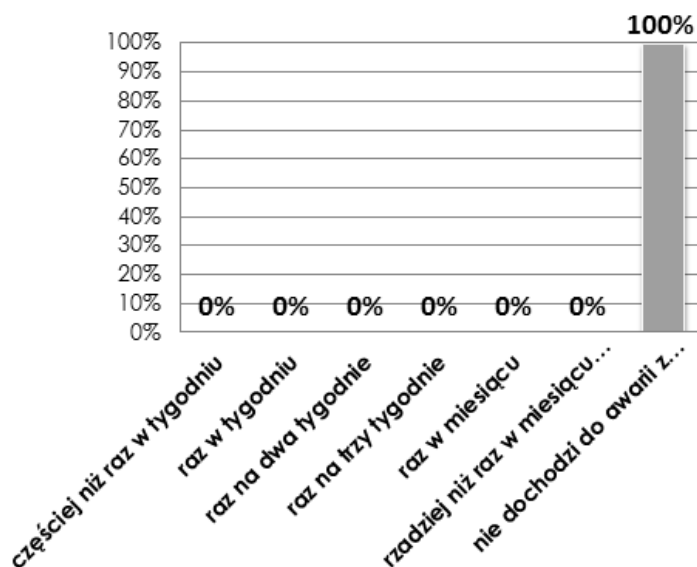
Pierwsze zadane w ankiecie pytanie dotyczyło podstawy podejmowania decyzji o konieczności smarowania maszyny/ urządzenia i należało do grupy pytań wielokrotnego wyboru. Wyniki zaprezentowano na Rys. 1.



Rys. 1. Przyczyny podejmowanie decyzji o konieczności smarowania maszyny/urządzenia

Wszyscy pracownicy DUR wskazali, iż działania podejmowane są zgodnie z harmonogramem konserwacji, przeglądów i napraw zawartych w DTR. Ponad połowa osób ankietowanych wskazała dodatkowo na podejmowanie działań po zgłoszeniu operatora. Ankietowani, którzy zaznaczyli odpowiedź wskazującą na inne powody wpływające na realizację smarowania, odpowiedzieli, iż wynika to ze złego mycia maszyn i urządzeń przez operatorów.

Kolejne pytanie dotyczyło częstotliwości awarii wynikających z niewłaściwego smarowania maszyn i urządzeń. Wskazaniem do sformułowania tego pytania stały się sugestie kadry kierowniczej, która częste uszkodzenia niektórych części tj. łożyska wiązała z nieterminowymi działaniami konserwacyjnymi. Wyniki zostały przedstawione na Rys. 2. Wynika z nich, że według pracowników działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie nie dochodzi do awarii parku maszynowego z powodu niewłaściwego smarowania podzespołów/punktów smarownych lub z powodu jego braków. Negowanie możliwości popełnienia przez pracowników błędów należy powiązać z zagadnieniami z obszaru psychologii, a mianowicie z moralnym mechanizmem obronnym, jakim jest wyparcie konsekwencji [8]. Pracownicy ignorują negatywne konsekwencje swoich czynów, co w tym przypadku dotyczy negacji istnienia powiązania występujących awarii z zaniedbaniami w obszarze smarowania/olejenia.

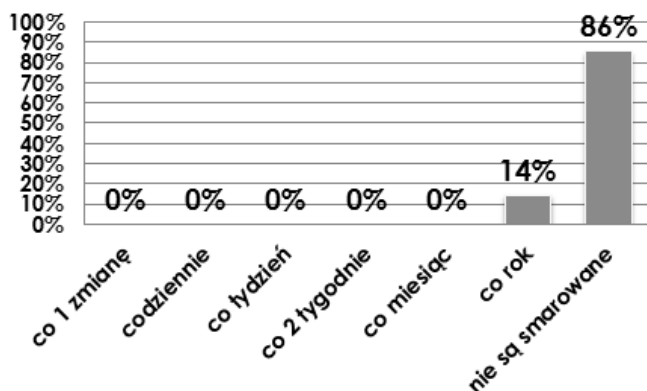


Rys. 2. Częstotliwość występowania awarii wynikających z niewłaściwego smarowania maszyn/urządzeń lub też z jego braku

Trzecim zadaniem pytaniem było pytanie dotyczące określenia częstotliwości smarowania poszczególnych części automatu pakującego EUROSICMA. Każdy z ankietowanych miał możliwość wskazania odstępów czasowych pomiędzy tymi czynnościami konserwacyjnymi wyrażonych odpowiednio: co 1 zmianę, codziennie, co tydzień, co 2 tygodnie, co miesiąc, co rok, nie są smarowane. Ankietowani zostali zapytani o następujące części:

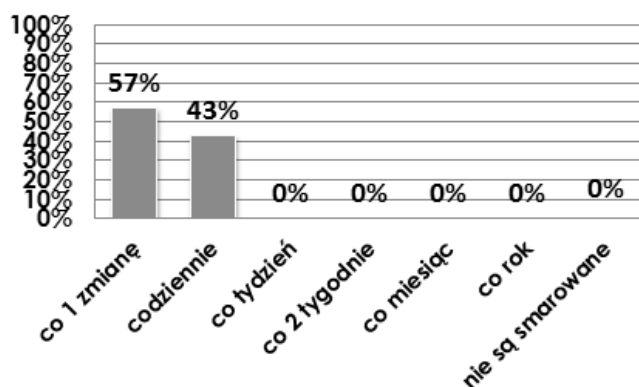
- przekładnie redukcyjne tarczy,
- łańcuch blatu,
- zębniiki łańcucha,
- przekładnie zębate napędu CST,
- łożyska CST,
- łożyska CSL.

Wyniki ankiety odnoszące się do przekładni redukcyjnej tarczy, łańcucha blatu oraz przekładni zębatych napędu CST przedstawiają kolejno Rys. 3, Rys. 4 oraz Rys. 5.



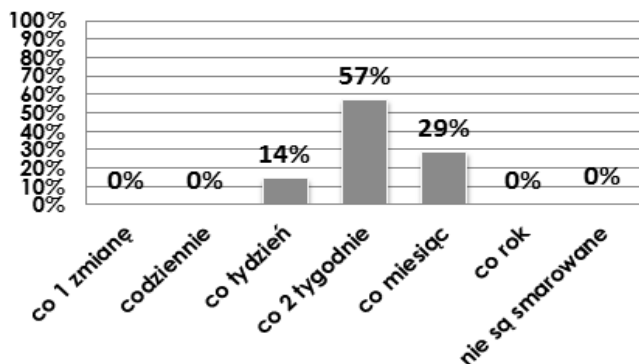
Rys. 3. Częstotliwość smarowania przekładni redukcyjnej tarczy automatu pakującego EURO SICMA

Analiza udzielonych odpowiedzi pozwala stwierdzić, że większość pracowników (86%) uważa, że przekładnie redukcyjne tarczy automatu pakującego EURO SICMA nie muszą być smarowane. Jedynie 14% osób ankietowanych wskazało, że należy je smarować raz w roku. Informacje pochodzące z dokumentacji techniczno-ruchomej maszyny wskazują, że przekładnię należy smarować co tydzień przy użyciu smarownicy olejowej smarem Interflon Fin Food Lube AL.



Rys. 4. Częstotliwość smarowania łańcucha blatu automatu pakującego EURO SICMA

W przypadku pytania odnoszącego się do częstotliwości smarowania łańcucha blatu, 57% pracowników odpowiedziało, że należy smarować część co zmianę, zaś 47% odpowiedziało, że codziennie. Zgodnie ze wskazania z DTR, łańcuch blatu należy smarować co tydzień. W tym przypadku smarowanie stosowane jest zbyt często.



Rys. 5. Częstotliwość smarowania przekładni zębatach napędu CST automatu pakującego EUROSICMA

Na pytanie o częstotliwość smarowania przekładni zębatach napędu CST, pracownicy najczęściej wskazywali odpowiedź „co 2 tygodnie” – odpowiedzi takiej udzieliła ponad połowa pracowników. Odpowiedź „co miesiąc” została wybrana przez 29%, zaś prawidłową odpowiedź „co tydzień” wybrało jedynie 14% pracowników. Uzyskane wyniki świadczą o niskim poziomie świadomości pracowników odnośnie terminowego smarowania tej części automatu pakującego EUROSICMA. Jako, że w tym pytaniu pracownicy mieli możliwość wybrania jednej z proponowanych odpowiedzi, nie ma pewności, iż pracownicy podający prawidłową częstotliwość smarowania przekładni zębatach posiadali odpowiednią wiedzę na ten temat. Podstawą do powątpiewania w wiedzę o terminach smarowania części automatu stanowi brak udzielonych poprawnych odpowiedzi odnośnie częstotliwości smarowania innych jego części (przekładnie redukcyjne tarczy, łańcuch blatu, zębniaki łańcucha, łożyska CST i łożyska CSL).

4. DORAŻNE ŚRODKI KOMPUTEROWEGO WSPARCIA PREWENCYJNEGO UTRZYMANIA RUCHU

Uzyskane wyniki oraz potrzeby zgłaszane przez kierownictwo produkcji stały się wskazaniem do opracowania narzędzia pozwalającego na określenie terminu smarowania/olejenia lub wymiany filtru/oleju w posiadanych przez przedsiębiorstwo maszynach. Należało ponadto uwzględnić brak profesjonalnego oprogramowania wspierającego działania UR w przedsiębiorstwie oraz sugestie osób decyzyjnych odnoszące się do konieczności wprowadzenia procedury potwierdzania wykonanych przez pracowników czynności prewencyjnych. Zaproponowane narzędzie musiało charakteryzować się prostotą funkcjonowania, możliwością edycji w przypadku zachodzących zmian organizacyjnych produkcji (liczba zmian na dobę, czas trwania zmiany) oraz uniwersalnością w sposobie działania dla wszystkich maszyn.

Zaproponowano zatem wykorzystanie dostępnego w pakietach biurowych arkusza kalkulacyjnego do wykonania formatki z datami czynności smarowo-olejowych wynikających z przeliczeń przepracowanych roboczogodzin określonych dla poszczególnych podzespołów w DTR. W wyniku podjętych działań opracowano 165 arkuszy będących terminarzem smarowania/olejenia części i punktów smarownych dla 52 maszyn i urządzeń. Jeden z opracowanych arkuszy przedstawia Rys. 6.

PLAN KONSERWACJI			
CZAS TRWANIA ZMIANY [h]:	8	LICZBA ZMIAN/ DOBĘ:	2
NAZWA:	Automat zawijający BOSCH		
TYP:			
CZĘŚĆ:	łańcuchy napędowe/ talerze podajnika tarczy odrzutowej		
RODZAJ KONSERWACJI:	Czyszczenie, oliwienie		
UWAGI:	Po oczyszczeniu naoliwić np. Klüber: Paraliq91 Shell: Casrida Chain Oil		
CZYSZCZ./OLIWIENIE CO:	200	godzin	
	13	dni	
OSOBA ODPOWIEDZIALNA:			
DATA CZYSZCZ./OLIWIENIA:	PODPIS OSOBY ODPOWIEDZIALNEJ		
21 styczeń 2015			
2 luty 2015			
15 luty 2015			
27 luty 2015			
12 marzec 2015			
24 marzec 2015			
▶ ◀ ▶ ◀ ŁAŃCUCH ZABIERAKOWY ŁAŃCUCHY NAPĘDOWE, TALERZE PODA			

Rys. 6. Zrzut ekranu arkusza kalkulacyjnego z terminami czyszczenia i olejania łańcuchów napędowych i talerzy podajnika tarczy odrzutowej automatu zawijającego BOSCH

W arkuszach uwzględniono czas trwania zmiany i liczbę zmian na dobę. Informacja o liczbie przepracowanych godzin, po której powinno być przeprowadzone smarowanie/olejenie stanowiła podstawę do przeliczenia co ile dni należy dokonać daną czynność konserwacyjną. Wyznaczenie kolejnych dat smarowania/olejenia od wstępnie wyznaczonego terminu było możliwe poprzez dodawanie do dat liczby dni wynikającej z przeliczenia możliwych do przepracowania roboczogodzin. Tak przygotowane arkusze zostały rozdzielone na pracowników odpowiedzialnych za poszczególne maszyny. Należy podkreślić, że dany pracownik po dokonaniu czynności konserwacyjnych jest zobowiązany do podpisu potwierdzającego jej wykonanie. Ma to na celu wymóc na pracownikach utrzymania ruchu rzetelne i terminowe realizowanie powierzonych obowiązków. Konieczność podpisania się w prowadzonej

w ten sposób dokumentacji daje pracownikom poczucie obowiązku i ponoszenia odpowiedzialności za ewentualne zniszczenia powstałe w skutek złego smarowania/olejenia lub nawet w skrajnych przypadkach braku podejmowanych czynności.

5. WNIOSKI

Celem przedsiębiorstw jest stałe dążenie do wzrostu niezawodności parku maszynowego przez eliminację awarii. Niejednokrotnie przedsiębiorcy nie zdają sobie sprawy, jakie znaczenie w tym obszarze mają pracownicy służb utrzymania ruchu realizujący przede wszystkim czynności konserwacyjno-naprawcze. Brak nadzoru nad terminowością realizowanych przez nich działań może skutkować wzrostem częstotliwości zachodzących awarii. Ponadto brak komputerowego wsparcia działań z zakresu UR zwłaszcza przy rozbudowanej infrastrukturze technicznej stanowi utrudnienie w rzetelnym realizowaniu smarowania/olejenia po upływie określonej w dokumentacji techniczno-ruchowej liczbie przepracowanych roboczogodzin. Zaobserwowane rozbieżności pomiędzy odpowiedziami udzielanymi przez pracowników UR a zapisami uwzględnionymi w DTR mogą świadczyć o braku znajomości wskazań do smarowania/olejenia maszyn i urządzeń. W analizowanym przedsiębiorstwie cała dokumentacja parku maszynowego znajduje się u zastępcy kierownika produkcji przebywającego na innym rejonie fabryki niż pracownicy UR. W przypadku konieczności skonsultowania zaistniałego zdarzenia z DTR, mechanicy przedsiębiorstwa muszą zwracać się do kierownictwa o możliwość wglądu do dokumentacji. Wskazane zatem byłoby wyposażenie warsztatu pracowników UR w kopie tych materiałów. Należy również zaznaczyć, że wśród zespołu pracowników zajmujących się utrzymaniem ruchu jest grupa osób z długoletnim stażem, jak i osób młodych pracujących zaledwie kilka lat. Brak wiedzy o częstotliwości przeprowadzania zadań konserwacyjnych wśród tych najdłużej pracujących może skutkować nabyciem złych nawyków przez młodszą kadrę.

Odpowiedzialność za zaistniałą sytuację ponoszą również osoby decyzyjne, do których obowiązków należy dbanie o rozwój firmy i ciągłe doskonalenie procesów. Wymaganie od pracowników UR kompetencji oraz terminowego realizowania działań powinno być egzekwowane w atmosferze zapewnienia pracownikom narzędzi wspierających, takich jak chociażby specjalistyczne systemy CMMS (ang. Computer Maintenance Management System). Współczesne realia połączone ze świadomością kierownictwa przedsiębiorstw, dla których utrzymanie ruchu przestało być jedynie procesem pomocniczym, wymogły uzupełnienie warsztatów dodatkowo o rozwiązania komputerowe, co z kolei zaowocowało wzrostem efektywności pracowników przy mniejszym nakładzie pracy.

Zaoferowane rozwiązanie jest jedynie doraźnym wsparciem działu utrzymania ruchu. Chcąc uzyskać wzrost niezawodności parku maszynowego, który rzutuje na zwiększenie poziomu efektywności eksploatacyjnej, a także jakości produktów, należy zmienić podejście do wykonywanych przez DUR zadań oraz podjąć działania związane z wdrożeniem specjalistycznego oprogramowania wspierającego gospodarkę remontowo-naprawczą. Pozwoli to na dokonanie zmiany strategii, która zamiast skupiać się na „gaszeniu pożarów”, będzie opierała się na działaniach prewencyjnych, a to pozwoli w przyszłości budować podwaliny do systemu opierającego się na przewidywaniu awarii (ang. predictive maintenance).

LITERATURA

- [1] HETMAŃCZYK M.: *Predykcyjne utrzymanie ruchu*. Inżynieria & Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych, Styczeń/Luty 2015, s. 60–64.
- [2] MORGAN J.: *Monitorowanie produkcji w trudnych warunkach środowiskowych z zastosowaniem sieci czujników bezprzewodowych*.
- [3] <http://elektronikab2b.pl/technika/22344-monitorowanie-produkcji-w-trudnych-warunkach-srodowiskowych-z-zastosowaniem-sieci-czujnikow-bezprzewodowych#.VPs6NfmG-Ng/> (dostęp: 07.03.2015).
- [4] WOLKIEWICZ M., KOWALSKI C.T.: *Nieinwazyjne metody wczesnego wykrywania zwarć zwojowych w silniku indukcyjnym zasilanym z przemiennika częstotliwości*. Cz. I. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne, nr 87/2010, s. 145–150.
- [5] ŻABICKI D.: *Zastosowanie kamer termowizyjnych*. Monitorowanie i Diagnostyka, Marzec 2014, s. 16–19.
- [6] SOBIESKI W.: *Stanowisko laboratoryjne do badania zjawiska kawitacji metodą wibroakustyczną*. DIAGNOSTYKA, nr 32/2004, s. 37–42.
- [7] CIEŚLIKOWSKI B.: *Proces diagnostyki układu hydrauliki siłowej w mechanizmie obrotu pluga*. Inżynieria Rolnicza, nr 9/2009.
- [8] WIŚNIEWSKA-ŚLIWIŃSKA H.: *Studium higieniczno – socjomedyczne funkcjonowania uczestników postępowania egzekucyjnego*. Rozprawa doktorska, Poznań, 2011.

PROPOZYCJA MODERNIZACJI URZĄDZENIA STOJAKOWO-PODPOROWEGO PEGAZ

1. WSTĘP

Procesy wydobywcze w lubelskiej kopalni węgla kamiennego „Bogdanka” są w dużym stopniu zmechanizowane. Po uprzednim przygotowaniu oddziału wydobywczego praca na ścianie wydobywczej wymaga ścisłej współpracy czterech ważnych urządzeń wydobywczych, tj. dwóch urządzeń podporowo stojakowych typu PEGAZ, zmechanizowanej obudowy ścianowej i kombajnu ścianowego. Dwa pierwsze rodzaje urządzeń zapewniają bezpieczeństwo pracy w strefie wydobycia, natomiast do zadań kombajnu ścianowego należy urobek węgla. Praca tych urządzeń musi być tak zsynchronizowana, aby uzyskać stałe tempo przemieszczania się tych urządzeń w kierunku urobku węgla na ścianie wydobywczej. Jakiegokolwiek opóźnienie w przemieszczaniu się tych urządzeń skutkować może zatrzymaniem pozostałych urządzeń i zaprzestaniem wydobycia węgla do momentu usunięcia usterki. W przypadku urządzenia PEGAZ przestój urządzenia może być spowodowany niekontrolowanym zboczeniem z uprzednio wyznaczonego kierunku (urządzenie przemieszcza się wzdłuż bocznej ściany chodnika). W takim przypadku urządzenie wymaga korekty bocznej, która jest nie tylko niebezpieczna dla wykonujących jej górników, ale także powoduje chwilowy przestój wydobycia węgla.

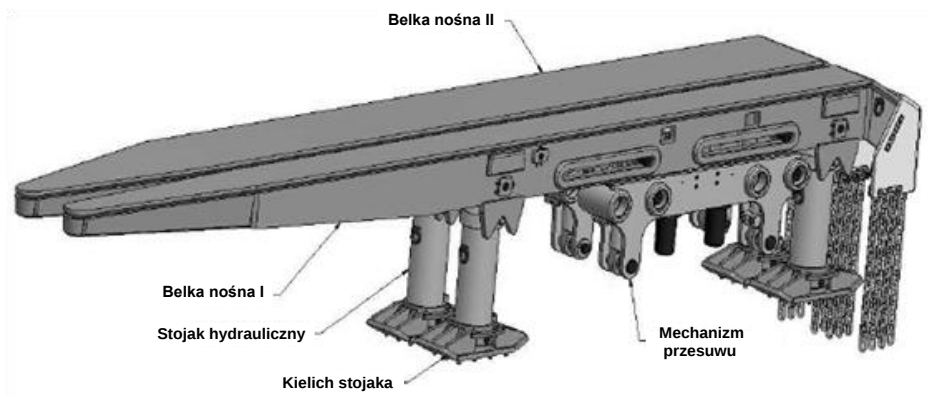
Niestety projektant urządzenia nie przewidział automatycznej funkcji korekty bocznej urządzenia, dlatego dokonywana jest ona w sposób ręczny przy użyciu prostych narzędzi np. łomów lub siłowników hydraulicznych. Długoletnia obserwacja pracy urządzenia PEGAZ uświadomiła jego operatorowi konieczność wyeliminowania ręcznej korekty bocznej na zautomatyzowaną. Stąd też propozycja autorów artykułu polegająca na modernizacji urządzenia PEGAZ o dodatkową funkcję, realizującą korektę boczną realizowaną z pulpitu sterowniczego urządzenia.

¹ Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38D, e-mail: k.szatkowski@pollub.pl

² Górnik-operator urządzenia PEGAZ, Kopalnia węgla LW „Bogdanka” S.A.

2. ZASADA DZIAŁANIA URZĄDZENIA STOJAKOWO PODPOROWEGO PEGAZ

Pegaz zbudowany jest z dwóch belek nośnych, podpartych stojakami hydraulicznymi i połączonych za pomocą mechanizmu przesuwu, umożliwiającego przemieszczanie się względem siebie obu części.



Rys. 1. Miejsce umocowania uchwytów do połączenia z silownikiem hydraulicznym [źródło: na podstawie [4]]

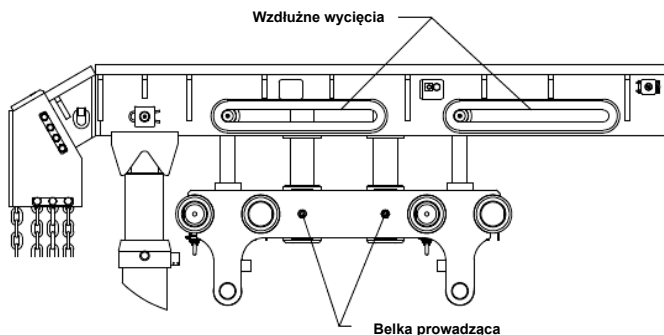
Tab.1. Parametry techniczne urządzenia PEGAZ [źródło: na podstawie instrukcji INS/UZW/12-2]

Dane techniczne urządzenia	
Minimalna wysokość	1 439 mm
Maksymalna wysokość	2 969 mm
Zakres roboczy	1,4 - 2,9 m
Skok przekładki	0,6 m
Długość	5,5 m
Szerokość	0,86 m
Liczba stojaków	4
Typ stojaka	Dwu teleskopowy 170/160/135/115
Podporność stojaka środkowego	Robocza - 704 kN (przy ciśnieniu 31 Mpa)
	Wstępna - 363 kN (przy ciśnieniu 16 MPa)
Podporność stojaka tylnego	Robocza - 227 kN (przy ciśnieniu 10 Mpa)
	Wstępna - 136 kN (przy ciśnieniu 6 MPa)
Sumaryczna podporność robocza stojaków	1 862 kN
Masa urządzenia	6 074 kg

Zespół podporowy składa się z belek nośnych i stojaków. Jest on w stanie przeciwdziałać sile nacisku ze strony górotworu, a zadaniem belek jest wzdlużne zabezpieczenie stropu przed zawalem. Stojaki są mocowane do stropnic urządzenia za pomocą specjalnych gniazd. W każdej stropnicy znajdują się miejsca dla osadzenia dwóch stojaków, tj. stojaka tylnego (od strony zawalu)

oraz środkowego (w centralnej części urządzenia). Wewnątrz belek umieszczone są przyłącza do zamocowania siłowników przekładkowych mechanizmu przesuwu. Siłowniki pozwalają na krok urządzenia i są zamocowane w specjalnych otworach w korpusie belek.

Ważną rolę w urządzeniu spełnia mechanizm przesuwu (rys. 2). Łączy on obie strony urządzenia i pracuje tylko wtedy, gdy jedna strona trwale podtrzymuje strop. Przesuw stropnicy niezabudowanej umożliwiając wzdłużne wycięcia (tzw. fasolki) w mechanizmie przesuwu.



Rys. 2. Mechanizm przesuwu belek nośnych
[źródło: opracowano na podstawie [4]]

Zespół przesuwny umożliwia opuszczenie stropnicy przy zsuniętych stojakach oraz przesunięcie jej względem belki rozpartej. Przesuw uwarunkowany jest długością fasolowych prowadnic oraz skoku siłowników przekładkowych.

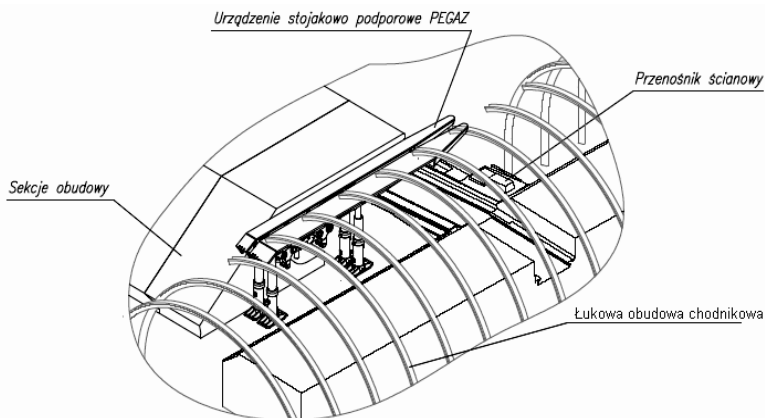
W trakcie trwania przekładki ciężar belki wraz ze stojakami i osprzętem (układ hydrauliczny) podtrzymywany jest na sworzniach łączących. Ponowne dosunięcie belki do stropu jest możliwe przy użyciu siłowników podnoszenia i opuszczania belki.

3. MIEJSCE STOSOWANIA URZĄDZENIA

Urządzenia stojakowo-podporowe typu PEGAZ stosuje się w podziemnych zakładach górniczych w oddziałach wydobywczych, rejonie skrzyżowania wyrobiska ubierkowego (ściany) z chodnikiem przyścianowym (rys. 3).

Podczas procesu wydobywania węgla, wymagane są czynności związane z zabudową odsłoniętych powierzchni stropowych. Większość tych czynności, a także wykonanie ostatecznej obudowy wnęki wykonywane jest ręcznie, dlatego bardzo ważne jest, aby urządzenia stojakowo podporowe zawsze były sprawne.

Głównym zadaniem urządzenia jest zapewnienie poprawnych warunków utrzymania stropu w obszarze skrzyżowania ściany z chodnikiem oraz kontrolowane kierowanie opadem skał stropowych (zawał stropu). Miejscem zabudowy urządzenia jest przestrzeń pomiędzy ostatnią sekcją obudowy zmechanizowanej (sekcją skrajną), a łukową obudową podatną chodnika przyścianowego (rys. 3). Obszar ten nazywany jest wnęką, która jednocześnie jest jednym z najniebezpieczniejszych stanowisk pracy na oddziale wydobywczym.



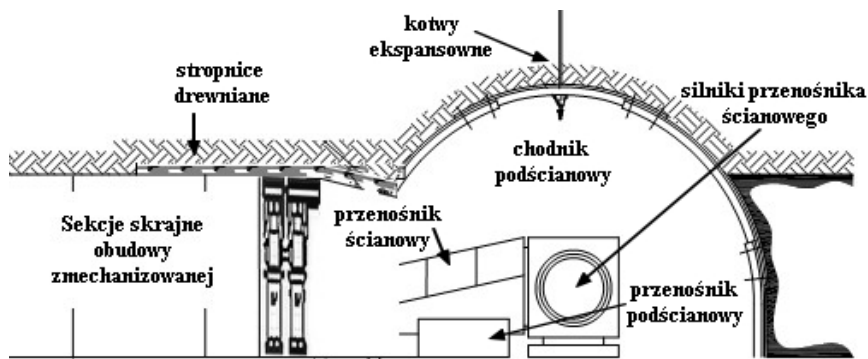
Rys. 3. Miejsce zastosowania urządzenia PEGAZ (wykonanie prawostronne) do zabezpieczenia wnęki chodnikowej [źródło: opracowano na podstawie instrukcji urządzenia PEGAZ]

4. WADY DOTYCHCZASOWEGO ROZWIĄZANIA

Podczas prowadzenia wydobywania następuje zwiększenie ciśnień w rejonie skrzyżowań chodników przyścianowych ze ścianą. Skutkiem tego może być zaciskanie wyrobisk, odpajanie się warstw skalnych, wyciskanie spągu oraz deformacje obudowy [2]. W strefie wzmożonych ciśnień bardzo ważne są prawidłowo dobrane warunki zabudowy wnęki, czyli położenie PEGAZA. Odległość urządzenia od chodnika przyścianowego powinna być możliwie najmniejsza, aby podparcie miały skrajne punkty stropnic drewnianych. Przykład nieprawidłowej zabudowy pegaza przedstawia rys. 4.

Zgodnie z wytycznymi producentów, PEGAZ powinien pracować w pozycji rozpartej obu stron urządzenia (kasztów), od strony chodnika i od strony sekcji, w pionie lub zbliżonej do pionu, a kroki które operator jest w stanie kontrolować odbywają się w przód (do węgla) i w tył (do zawału). Nie ma natomiast możliwości przemieszczania urządzenia w osi poprzecznej. Producent urządzenia nie przewidział bowiem takiej funkcji.

W praktyce oznacza to, że nie jest możliwa dynamiczna zmiana pozycji PEGAZA w osi poprzecznej. Wymogi dotyczące zabudowy wnęki narzucają pozycję PEGAZA w odległości nie większej niż 0,3 m od skrajnej sekcji obudowy ścianowej. W tej strefie występuje wzmożone ciśnienie górotworu. Występuje kumulacja zagrożeń. Spękany, osłabiony strop jest niebezpieczny dla pracowników. W chwili opadu skał stropowych niezwykle ważne jest, aby pozycja tymczasowej obudowy asekuracyjnej była właściwa. Powstająca strefa spękań powoduje wzrost naprężeń w caliznie węglowej do głębokości 1m.

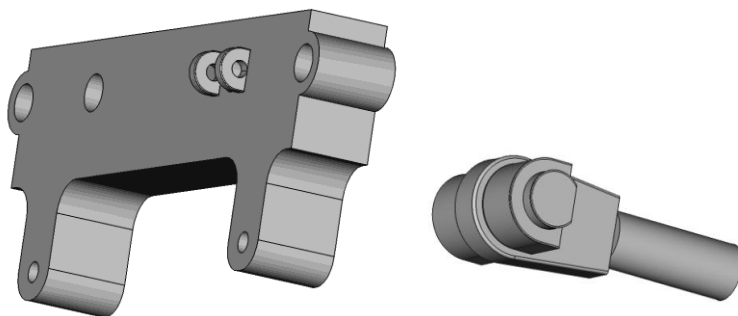


Rys. 4. Niewłaściwa pozycja pracy PEGAZA [1]

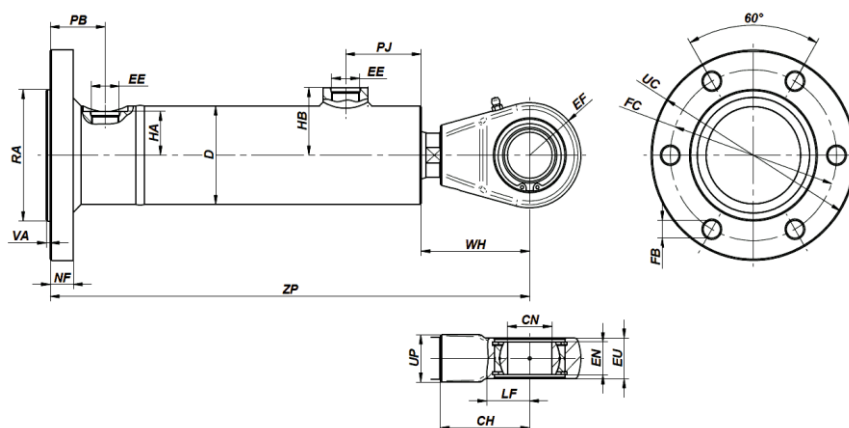
Złą zabudowę PEGAZA przedstawia rys. 4. Znajduje się on zbyt blisko sekcji skrajnej, pozostawiając jednocześnie zbyt dużą powierzchnię bez zabudowy. Częściowe ugięcie stropu może spowodować zawał i nie kontrolowany opad skał stropowych w potencjalnym miejscu przebywania pracowników. Naprawa powstałych w ten sposób uszkodzeń może potrwać kilka zmian roboczych. Straty spowodowane awarią będą wyrażały się dziesiątkami tysięcy złotych, nie licząc zagrożenia życia i zdrowia górników. Brak możliwości korekty bocznej PEGAZA jest wielkim utrudnieniem utrzymania bezpiecznych warunków pracy.

5. ISTOTA MODERNIZACJI

Propozycja modernizacji urządzenia PEGAZ polega na możliwości wykonania dodatkowego przesuwu poprzecznego niezabudowanej belki nośnej o 0,2 m. za każdym cyklem przekładkowym. W oryginalnym rozwiązaniu ramiona belek są umocowane na stałe i oddalone od siebie na odległość 70mm (rys. 9).



Rys. 5. Miejsce umocowania uchwytów do połączenia z siłownikiem hydraulicznym
[źródło: opracowanie własne]



Rys. 6. Typowy siłownik hydrauliczny wykonany na zamówienie przez firmę HS Lubań
[źródło: opracowano na podstawie katalogu wyrobów HS Lubań]

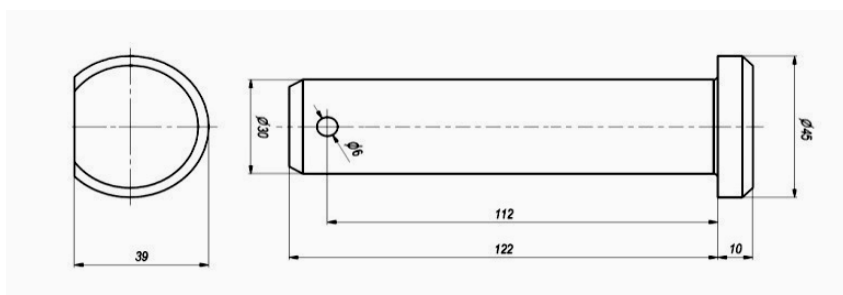
Dodanie tej funkcji pozwoli operatorowi dokonać dynamicznej korekty bocznej urządzenia w przypadku nagłej i niekontrolowanej zmiany ustawienia urządzenia. Przeprowadzenie modernizacji wymagać będzie następujących zmian w urządzeniu:

- Dodaniu jednego siłownika hydraulicznego (rys. 6) odpowiedzialnego za wymuszony ruch poprzeczny belki niezabudowanej o skok do 20 cm.
- Modyfikacji belki prowadzącej urządzenia polegającej na dospawaniu uchwytów umożliwiających połączenie jej z ramieniem siłownika hydraulicznego (rys 5 – lewy).
- Wykonaniu dodatkowego sworznia, którego zadaniem będzie połączenie uchwytu siłownika z dospawanymi uchwytami na belce prowadzącej (rys. 7).
- Modyfikacji sworznia prowadzącego z długości 570 mm na 770mm (rys. 8).

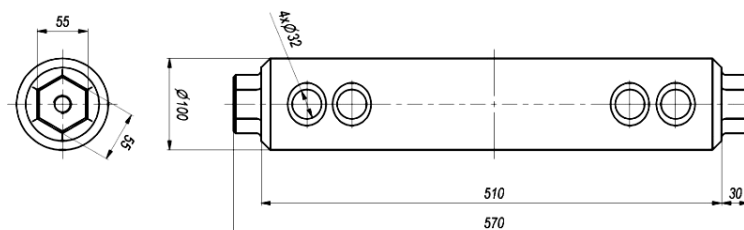
- Modyfikacji pulpitu sterowniczego polegającej na dodaniu dwóch dodatkowych przycisków umożliwiających korektę boczną urządzenia (rys. 10).

Tab. 2. Wybrane parametry siłownika [źródło: opracowanie własne]

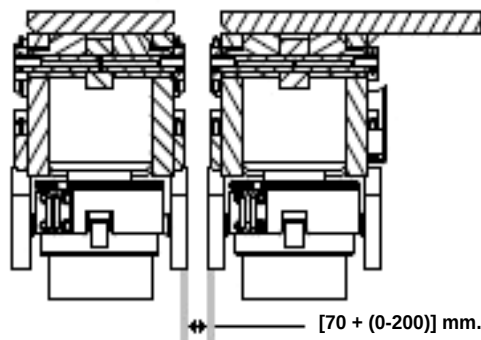
Legenda niektórych oznaczeń rys. 6 (siłownika UCJ6F wg HS Lubań)		
L.P.	Oznaczenie wg rysunku	Wymiar [mm]
1	CH	56
2	CN	30
3	D	60
4	EE	M16x1.5
5	HA	27
6	LF	28
7	NF	16
8	PB	41
9	PJ	47
10	RA	85
11	UC	140
12	UP	30
13	WF	146
14	ZP	434



Rys. 7. Sworzeń łączący siłownik korekty bocznej z centralnym mechanizmem przekładkowym [źródło: opracowanie własne]



Rys. 8. Oryginalny sworzeń prowadzący [źródło: na podstawie [4]]



Rys. 9. Wygląd pulpitu sterowniczego urządzenia PEGAZ po modernizacji
[źródło: opracowanie własne na podstawie [4]]

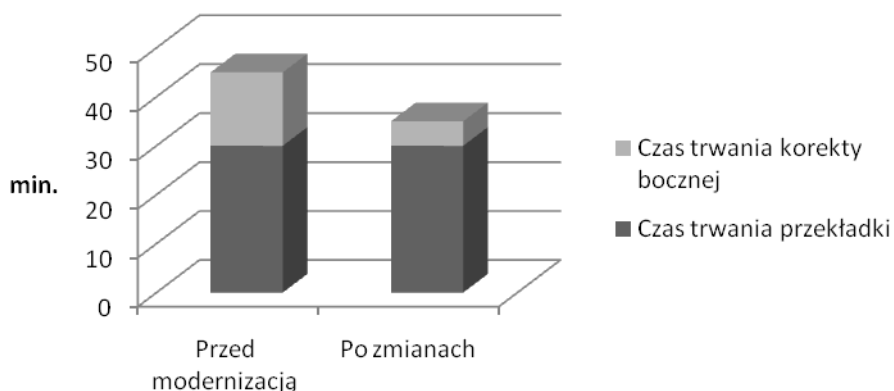
Kaszć lewy (od strony sekcji)									
Silownik przekładowy	Stojak tylny	Stojak srodkowy	Silownik podnoszenia belki	Silownik przekładowy	Silownik podnoszenia belki	Stojak srodkowy	Stojak tylny	Korekta boczna	Korekta boczna

Kaszć prawy (od strony chodnika)									
								(Wolne)	(Wolne)
Silownik przekładowy	Stojak tylny	Stojak srodkowy	Silownik podnoszenia belki	Silownik przekładowy	Silownik podnoszenia belki	Stojak srodkowy	Stojak tylny		

Rys. 10. Wygląd pulpitu sterowniczego urządzenia PEGAZ po modernizacji
[źródło: opracowanie własne na podstawie [4]]

6. ANALIZA ZASADNOŚCI MODERNIZACJI URZĄDZENIA PEGAZ Z UWZGLĘDNIENIEM EFEKTÓW EKONOMICZNYCH

Na podstawie obserwacji i doświadczeń podczas wieloletniej obsługi urządzenia PEGAZ w kopalni węgla LW „Bogdanka” na oddziale wydobywczym można stwierdzić, że na wszystkie nowe kroki urządzenia, ok. 15% są to sytuacje, w których urządzenie z różnych powodów ustawiło się niewłaściwie i wymaga ono szybkiej korekty ustawienia. Stwarza to bardzo niebezpieczne sytuacje dla życia i zdrowia górników wymagające szybkiej ich reakcji. Oznacza to w praktyce, że co 7 cykl przekładowy wymaga dodatkowych czynności związanych z korektą boczną ustawienia urządzenia PEGAZ.



Rys. 11. Czas potrzebny na wykonanie przekładki węgla
[źródło: opracowanie własne]

Średnio na jedną zmianę roboczą liczba cykli przekładkowych wynosi 3, zatem można przyjąć, że w czasie jednej doby wydobywczej, co najmniej raz konieczne jest wykonanie czynności związanych z dodatkową korektą boczną urządzenia.

Zakładając, że liczba dni roboczych w roku wynosi 250, a liczba przekładek urządzenia (kroków) w ciągu zmiany wynosi 9, to łączna ilość przekładek w roku wynosi ok. 2250. Uwzględniając uprzednie założenie, że ok. 15% przekładek wymaga korekty bocznej, ilość niewłaściwych ustawień urządzenia w skali jednego roku można szacować na ok. 330 (przyjęto zaokrąglenie do pełnych dziesiątek). Średni czas zaoszczędzony na korekcie bocznej po usprawnieniach urządzenia szacuje się na ok. 10 min. (rys. 11), czyli w skali roku może to dać czas ok. 3300 min. Przeliczając to na godz. i doby uzyskamy następujące wielkości 55 godz. roboczych lub 2,3 doby roboczej. Średnie wydobycie dobowe oddziału wydobywczego wynosi 20 000 ton, zatem wyeliminowanie konieczności ręcznej korekty ustawienia urządzenia umożliwi wydobyć węgla na jednym oddziale wydobywczym o dodatkowe 46 000 ton węgla. Przyjmując średnią cenę węgla na poziomie 500 zł/t, daje to dodatkowy przychód przedsiębiorstwa w kwocie 23 000 000 zł. Kwotę tą wyznaczono tylko dla jednego urządzenia PEGAZ. Jednak należy pamiętać, że na oddziale wydobywczym pracują dwa takie urządzenia, więc w przypadku pomyślnego wdrożenia modernizacji, korzyści ekonomiczne dla kopalni mogą być podwójne.

Wyliczona powyżej kwota ma wymiar jedynie materialny, jednak podstawową korzyścią z usprawnienia urządzenia jest wymiar niematerialny polegający na zwiększeniu bezpieczeństwa życia i zdrowia górników obsługujących urządzenia górnicze w strefie chronionej przez PEGAZA. Szczególnie niebezpieczne są prace korygujące ustawienie PEGAZA,

gdyż wykonuje się je ręcznie, najczęściej przy pomocy łomów lub siłowników hydraulicznych. W przypadku poważniejszych odchyień z uprzednio wyznaczonego toru urządzenia. Wykonanie usprawnienia z zastosowaniem siłownika hydraulicznego do korekty bocznej i pozostałych zmian w urządzeniu, wyeliminuje konieczność czynności prac ręcznych przy urządzeniu i zdecydowanie skróci czas korekty ustawienia.

7. WDROŻENIE MODERNIZACJI

Modernizację najlepiej wykonać w sobotę i niedzielę. Demontując urządzenie należy uprzednio przygotować trasę transportu tak, aby spełnić wymagania gabarytowe dla poszczególnych części urządzenia PEGAZ. Po demontowaniu belki prowadzącej należy przetransportować ją na stanowisko spawacza i spawać uchwyty jak na rys. 5. Po wspawaniu uchwytów belkę prowadzącą ponownie przetransportować na miejsce pracy PEGAZA. Do drugiej belki przymocować siłownik za pomocą sześciu śrub M12 i ponownie zmontować całe urządzenie. Zakłada się że przebieg poszczególnych prac ma przedstawiać się następująco:

Dzień pierwszy:

- 1 zmiana – demontaż i transport na stanow. spawal. – brygada 6 pracowników.
- 2 zmiana – spawanie i transport powrotny – brygada 4 pracowników.
- 3 zmiana – montaż i rozruch próbny urządzenia – 6 pracowników.

Dzień drugi:

- 1 zmiana – rozruch ściany i kontrola współpracy urządzenia z całym systemem eksploatacyjnym - prowadzenie konserwacji – 4 pracowników.
- 2 zmiana – wprowadzenie ewentualnych poprawek – 6 pracowników.

Łączny koszt modernizacji przewiduje się na ok. 22 000 zł. nie licząc kosztów pracy własnej. W rozbiciu szczegółowym koszty przedstawiają się następująco:

- koszt wyprodukowania sworznia i uchwytów – 5 000 zł,
- koszt zakupu siłownika i pozostałych części hydraulicznych – 14 000 zł,
- pozostałe koszty – 3 000 zł.

8. WNIOSKI

Proponowana modernizacja jest propozycją ułatwienia obsługi urządzenia PEGAZ. Korzyści z modernizacji są ewidentne i bezdyskusyjne. Jednak pozostaje pewna wątpliwość, co do tego, jak zmodernizowane urządzenie będzie się zachowywało się w warunkach rzeczywistych. Zdaniem autorów konstrukcja

urządzenia jest na tyle solidna i stabilna, że zwiększenie rozstawu belek nośnych tylko podczas korekty bocznej urządzenia max. o 20 cm. nie powinno w żaden sposób wpłynąć na właściwości eksploatacyjne urządzenia, ani na bezpieczeństwo obsługujących ich górników. Ponieważ korzyści ekonomiczne mogą być duże, warto ponieść koszty i ryzyko modernizacji przynajmniej jednego urządzenia i sprawdzenia, jak przeróbka konstrukcji wpłynęła na właściwości eksploatacyjne urządzenia i ostateczny wynik finansowy przedsiębiorstwa.

LITERATURA

- [1] HONYSZ J.: *Górnictwo t.1*. Wyd. Śląsk, Katowice, 2011.
- [2] PIECHOTA S.: *Technika podziemnej eksploatacji złóż i likwidacji kopalń*. Wyd. AGH, Kraków, 2008.
- [3] STRZAŁKOWSKI P.: *Zarys rozwoju technologii górnictwa podziemnego*. Wyd. PŚ, Gliwice, 2005.
- [4] *Instrukcja INS/UZW/12-2*. Sigma S.A., Barak, 2012.
- [5] *PN-EN 898-1:2013*.

PROPOZYCJA USPRAWNIENIA ORGANIZACJI PRACY NARZĘDZIOWNI W FIRMIE STADLER POLSKA

1. WSTĘP

Narzędziownia jest to komórka organizacyjna usytuowana w dziale produkcji i przeznaczona do prowadzenia właściwej gospodarki narzędziowej. Jej znaczenie w całości procesów produkcyjnych jest często niedoceniane, ale sprawność obsługi narzędziowej pracowników bezpośrednio produkcyjnych często decyduje o sprawności całego procesu produkcyjnego. W przypadku prawidłowej obsługi narzędziowej, działalność narzędziowni jest na ogół niezauważalna, natomiast w przypadku złej organizacji obsługi narzędziowej może ona skutecznie zdestabilizować realizowane procesy produkcyjne i być przedmiotem szczególnego zainteresowania kierownika produkcji.

W porównaniu do innych pomocniczych procesów produkcyjnych, procesy związane z obsługą narzędziową stosunkowo najdłużej opierały się wszelkim zmianom. W wielu narzędziowniach wykorzystywane są po dzień dzisiejszy tradycyjne systemy wydawania i zwrotu narzędzi oparte na metalowych markach i książeczkach narzędziowych, a organizacja okresowych przeglądów, kalibracji, legalizacji i inwentaryzacji narzędzi oparta jest na papierowych kartotekach przechowywanych w narzędziowni. W zderzeniu z nowoczesnymi systemami komputerowymi, np. MRP/ERP wspomagającymi działalność produkcyjną, procesy realizowane w narzędziowniach nie tylko odbiegają od współczesnych standardów, ale są coraz bardziej kłopotliwe, gdyż generują coraz większe problemy organizacyjne i związane z tym koszty produkcji.

2. STRUKTURA I DZIAŁALNOŚĆ FIRMY STADLER RAIL

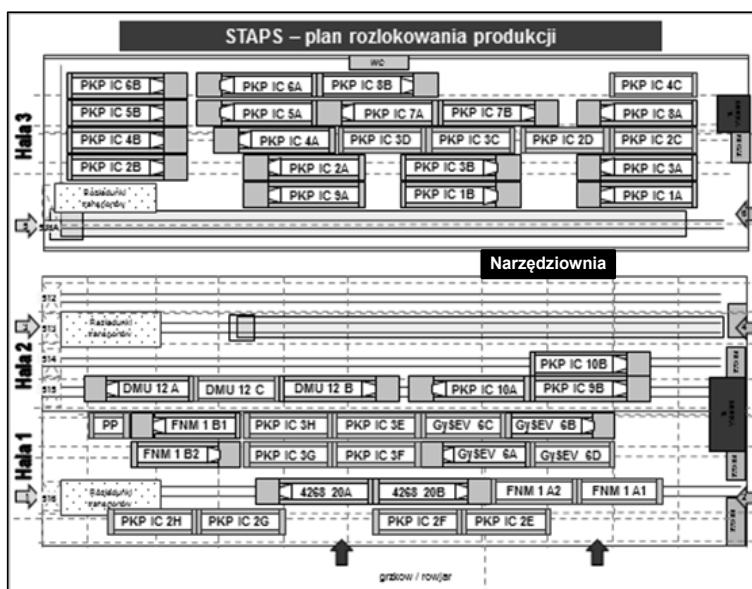
Przedsiębiorstwo Stadler Rail rozpoczęło swoją działalność w 1942 roku z siedzibą w Zurychu. Obecnie Stadler Rail posiada formę holdingu. Stadler Rail AG jako „spółka matka” zarządza i kontroluje pozostałymi czterema grupami

¹ Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38D, e-mail: k.szatkowski@pollub.pl

Obecnie Przedsiębiorstwo Stadler Rail znajduje się w fazie dynamicznego rozwoju dzięki oferowaniu kompleksowości usług. Cały czas umacnia swoją pozycję na rynku i zwiększa zatrudnienie. W chwili obecnej holding zatrudnia ok. 5000 pracowników.

Przedsiębiorstwo Stadler Polska Sp. z o. o. (jako firma córka) zostało założone w 2007 roku i funkcjonuje w Siedlcach na terenie wydierżawionej od PKP hali montażowej. Firma zatrudnia ponad 500 wykwalifikowanych pracowników i produkuje rocznie ok. 130 pojazdów szynowych dla klientów z całej Europy.

Narzędziownia w firmie Stadler Polska stanowi wydzieloną część hali zakładu produkcyjnego. W strukturze organizacyjnej funkcjonuje jako oddzielny dział i przeznaczona jest do prowadzenia obsługi narzędziowej i środków produkcji będącymi w dyspozycji narzędziowni.



99

Znajduje się ona blisko strefy montażu pociągów, tj. między halą produkcyjną 2 i halą 3. Umieszczenie narzędziowni dokładnie w tym miejscu jest świadomym i celowym wyborem kierownika produkcji, pomimo jej niekorzystnego kształtu (długie i wąskie pomieszczenie). Wynika to z założenia, że narzędziownia powinna być zlokalizowana najbliżej pracowników produkcyjnych, którzy na co dzień pobierają z niej narzędzia do produkcji i zdają je do niej.

Rys. 1. przedstawia umiejscowienie narzędziowni na tle struktury produkcyjnej przedsiębiorstwa.

4. OTOCZENIE NARZĘDZIOWNI W FIRMIE STADLER POLSKA

Każda narzędziownia funkcjonuje w innej rzeczywistości. Wynika to z wielu uwarunkowań, np. przyjętego stylu zarządzania przedsiębiorstw należących do holdingu, zakresu obowiązków, czy nawet z uwarunkowań historycznych. Otoczenie narzędziowni firmy Stadler Polska można uznać za typowe, nie odbiegające w istotnym stopniu od innych przedsiębiorstw działających w podobnej branży. Otoczenie to przedstawione jest na rys. 2.

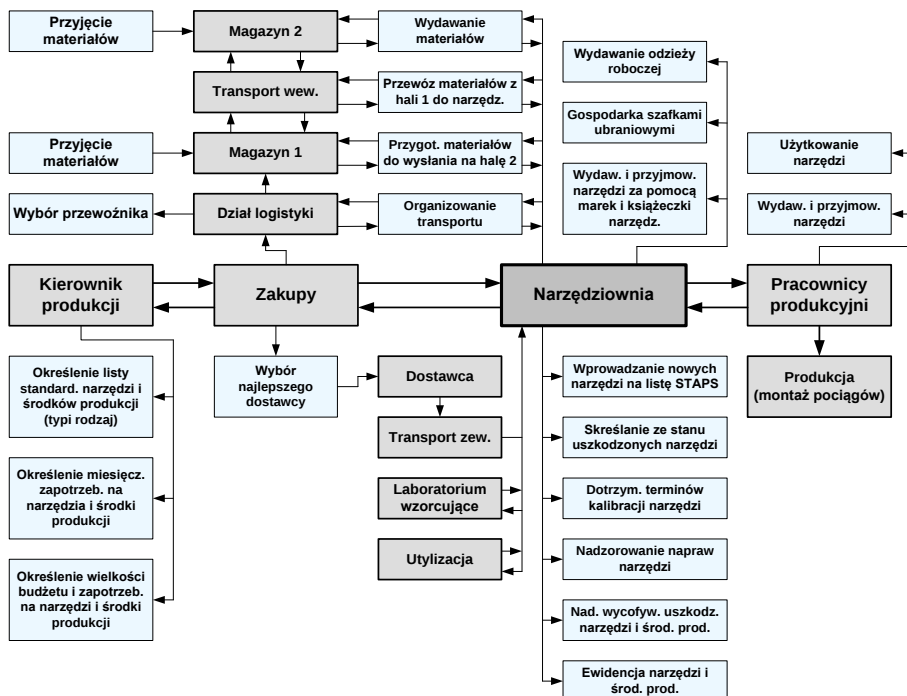


Rys. 2. Otoczenie narzędziowni firmy Stadler Polska
[Źródło: opracowanie własne]

5. SPECYFIKA DZIAŁALNOŚCI NARZĘDZIOWNI

Podstawową działalnością każdej narzędziowni, w tym także narzędziowni firmy Stadler jest wydawanie, odbieranie i rozliczanie pracowników z pobranych narzędzi produkcyjnych. Wydawanie narzędzi w firmie Stadler Polska odbywa się za pomocą marek narzędziowych i książeczki narzędziowej. Marka narzędziowa, to metalowy żeton, funkcjonujący jako krążek zastawny za wypożyczone narzędzia. Na marce jest wybity numer pracownika, nazwa zakładu i otwór do mocowania krążków.

Każdy pracownik produkcyjny otrzymuje 10 marek, tj. 3 sztuki marek cennych, 6 sztuk marek mało cennych i 1 markę kontrolną. Marka kontrolna to identyfikator przypisany do pracownika. Marki cenne pozwalają pracownikom pobierać narzędzia przekraczające wartość 500 zł. Marki mało cenne pozwalają pracownikom na pobieranie narzędzi nie przekraczających wartości 500 zł. Jedną marką pracownik może pobrać tylko jedno narzędzie. Na marki narzędziowe pobierane są narzędzia do bieżącego użytkowania nie przekraczającego 7 dni. W chwili zakończenia pracy w firmie Stadler Polska Sp. z o. o. pracownik produkcyjny rozlicza się z narzędziownią z pobranych narzędzi. W przypadku braku narzędzi podczas rozliczania pracownik produkcji ponosi koszty równowartości brakującego narzędzia.



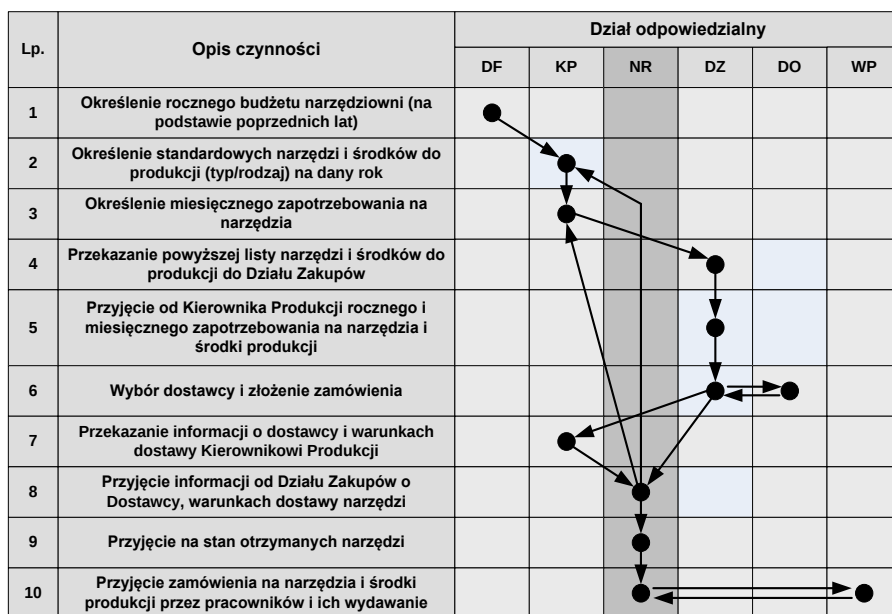
Rys. 3. Zadania i obowiązki realizowane przez pracowników narzędziowni w firmie Stadler Polska [źródło: opracowanie własne]

Książeczka narzędziowa w przedsiębiorstwie Stadler służy do ewidencjonowania narzędzi przydzielonych pracownikowi do stałego użytkowania. Wypełnienie książki oznacza, iż wymienione w niej narzędzia pracownik otrzymał i przejął za nie odpowiedzialność. Książeczka narzędziowa powinna być podpisana i starannie przechowywana w bezpiecznym miejscu do tego przeznaczonym. Wszelkie zmiany w stanie zapisu książki narzędziowej muszą mieć podpis pracownika odpowiedzialnego za gospodarkę narzędziami.

Do innych obowiązków narzędziowni należy:

- współudział w tworzeniu standardowej listy narzędzi,
- monitorowanie terminów kalibracji narzędzi,
- kontrolowanie zwrotu narzędzi do narzędziowni,
- zapewnienie dostępności wybranych środków produkcyjnych,
- zaopatrzenie pracowników w ubrania i obuwie robocze,
- gospodarka szafkami pracowniczymi,
- ewidencja uszkodzonych narzędzi.

Wszystkie zadania i obowiązki narzędziowni w firmie Stadler Polska przedstawione są na rys. 3.



Legenda:

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| DF - Dział finansów | DZ - Dział zakupów |
| KP - Dział produkcji | DO - Dostawcy narzędzi |
| NR - Narzędziownia | WP - Wydziały produkcyjne |

Rys. 4. Proces zakupu nowych narzędzi i wprowadzania ich na stan narzędziowni
[źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy Stadler Polska]

Podstawowym zadaniem narzędziowni jest właściwa gospodarka narzędziowa, chociaż samo pojęcie właściwej gospodarki w każdym przedsiębiorstwie może być różnie rozumiane. Dlatego narzędziowniom w różnych przedsiębiorstwach mogą być narzucane dodatkowe zadania i obowiązki, np. dodatkowa obsługa magazynowa wybranych magazynów, czy obowiązki związane z zamawianiem i zakupem nowych narzędzi do przedsiębiorstwa.

W firmie Stadler Polska obowiązki związane z zamawianiem i zakupem nowych narzędzi wymagają od pracowników dodatkowych umiejętności handlowych, których na ogół nie potrzebują pracownicy innych narzędziowni. Na rys. 4. przedstawiony jest proces zakupu nowych narzędzi do przedsiębiorstwa, tj. udział komórek organizacyjnych w tym procesie i związany z tym obieg dokumentów.

6. WADY DOTYCHCZASOWEGO SPOSOBU ORGANIZACJI PRACY NARZĘDZIOWNI

Tradycyjna organizacja pracy narzędziowni oparta o metalowe marki narzędziowe i dokumenty papierowe ma szereg wad. Wady te są następujące:

- długi czas wydawania i zwrotu wypożyczonych narzędzi,
- konieczność osobistego sprawdzenia dostępności narzędzia będącego przedmiotem zamówienia,
- długa i kosztowna inwentaryzacja zasobów narzędziowych,
- pracownika można jedynie zidentyfikować po marce lub książeczce narzędziowej,
- pracownik sam musi pamiętać o terminie oddania wypożyczonych narzędzi,
- stosunkowo długi czas na sprawdzenie kto wypożyczył i przetrzymuje konkretne narzędzia,
- utrudniona organizacja okresowych przeglądów technicznych, kalibracji i legalizacji zasobów narzędziowych narzędziowni – konieczne jest prowadzenie ręcznych kartotek metrologicznych,
- wypożyczenie narzędzi jest możliwe jedynie po dokonaniu wpisu do książeczki lub oddaniu marki narzędziowej,
- marki można najzwyczajniej zgubić podczas pracy, przebierania się w szatni albo podczas mycia się w łazience,
- marki mogą być przedmiotem celowej kradzieży innych pracowników po to by wejść w posiadanie atrakcyjnych narzędzi,
- sporządzanie różnych statystyk jest możliwe tylko w sposób ręczny z ewentualnym wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego Excel.

7. PROPOZYCJA USPRAWNIENIA ORGANIZACJI PRACY NARZĘDZIOWNI

Dotychczasowy sposób gospodarki narzędziowej w firmie Stadler Polska można uznać za archaiczny i wymagający szybkiego dostosowania do nowoczesnych standardów obowiązujących w tej dziedzinie. Drugim ważnym powodem modernizacji pracy narzędziowni są wysokie koszty, jakie ta komórka organizacyjna generuje w porównaniu z efektywnością innych komórek organizacyjnych przedsiębiorstwa.

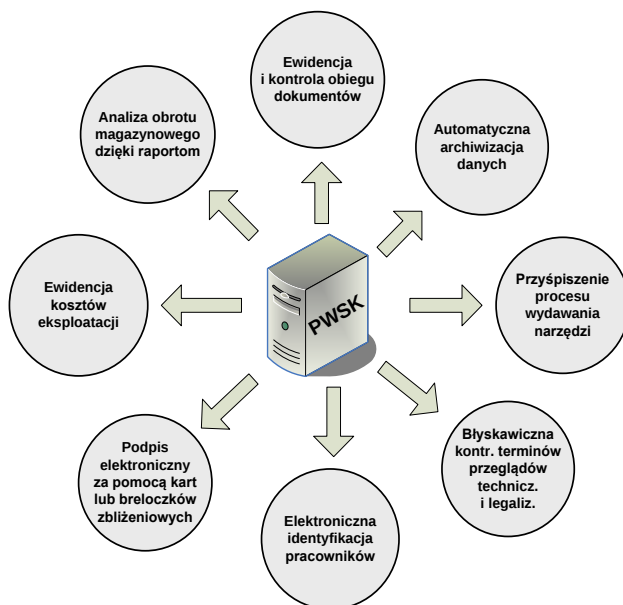
Jedyną możliwą drogą zmian usprawnienia pracy narzędziowni jest wdrożenie systemu informatycznego wspomagającego zadania realizowane przez pracowników narzędziowni. Po analizie możliwości dostępnego na rynku oprogramowania obsługującego narzędziownię i firm je oferujących, tj. firmy Gühring, HHW Hommel Hercules PL, SoftwareStudio, Sandvik, INFOKRAK i PWSK, wybór padł na program „Narzędziownia® 3.0” firmy PWSK (Projektowanie i Wdrażanie Systemów Komputerowych) mającą siedzibę w Gliwicach i działającą na rynku od 1992 r.

Argumenty przemawiające za wyborem firmy i oprogramowania są następujące:

- szeroki wachlarz zadań realizowanych przez program Narzędziownia 3,0,
- firma ma siedzibę w Polsce co w przyszłości ułatwi kontakt i wsparcie techniczne przy wdrażaniu systemu,
- system ma budowę modułową i otwartą, rozbudowa systemu polega na dostawianiu funkcji realizowanych przez system,
- przyjemny i przejrzysty interfejs użytkownika,
- łatwa i intuicyjna obsługa programu,
- możliwość integracji z innymi programami oferowanymi przez firmę PWSK np. program magazynowy, program do inwentaryzacji itp.,
- pozytywne rekomendacje firm, które program już wdrożyły,
- przystępna cena.

Ideą przewodnią twórców programu Narzędziownia 3.0 było maksymalne unowocześnienie systemu jednak z dostosowaniem się do obowiązujących wymogów związanych z obiegiem tradycyjnej dokumentacji papierowej, tj. dokumentów przyjęcia, wypożyczenia, zwrotu likwidacji i wydania do zużycia. Zdecydowanie ułatwia to wdrożenie systemu z uwagi na utrwalone nawyki pracowników narzędziowni w zakresie obiegu tych dokumentów.

Program Narzędziownia 3.0 oferuje użytkownikom następujące funkcje w zakresie obsługi narzędziowej (rys. 5).



Rys. 5. Funkcje i zadania realizowane przez program Narzędziownia 3.0
[źródło: opracowano na podstawie materiałów firmy PWSK]

Oferowany program ma przede wszystkim na celu:

- usprawnić obsługę wypożyczalni narzędzi,
- ułatwić ewidencję i inwentaryzację narzędzi, materiałów i innych środków trwałych będących w dyspozycji narzędziowni,
- ułatwić i usprawnić pracę magazynu,
- ułatwić kontrolę przetrzymywania narzędzi i sprzętu przez pracowników,
- ułatwić okresowy zwrot narzędzi w celu kalibracji i legalizacji,
- zapobiegać kradzieży sprzętu i narzędzi,
- szybko lokalizować narzędzia w celu wykonania pracy,
- czytelnie i jednoznacznie oznaczać narzędzia, środki trwałe.

Program Narzędziownia 3.0 oferuje także przejrzysty i intuicyjny interfejs. Wygląd typowego okna programu przedstawiony jest na rys. 6.

Ważnym elementem gospodarki narzędziowej jest prawidłowe oznaczanie i identyfikacja narzędzi (rys. 7). W tym zakresie system Narzędziownia 3.0 oferuje użytkownikom dwa nowoczesne, chociaż znane już z innych zastosowań sposoby oznaczania narzędzi, tj. za pomocą kodów kreskowych i tagów RFID. Z uwagi na ryzyko szybkiego uszkodzenia kodu kreskowego lub jego znacznego zabrudzenia, preferowany jest drugi sposób oznaczania narzędzi.

Kartoteka pracowników/Kontrahentów

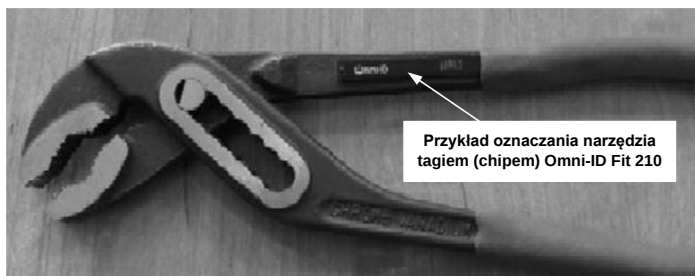
Podgląd Edytuj Dodaj Usun Szukaj Wyszukaj Odśwież Zapisz Raporty

Historia Stany Stany/Miejsce na dzień 2012-07-02 Barcode Pokaż Wszyscy

Nazwa	Identyfikator	Miasto	Ulica	Kod pocztowy	Nip
ADAMCZYK MARCIN	A.M.	GLIWICE	REYMONTA 9/16	44-100	
AGRECKI TOMASZ	A.T.	ZABRZE	WOLNOŚCI 156	41-800	
BARTOCHA ŁUKASZ	B.Ł.	KATOWICE	POCZTOWA 8/10	40-012	
BEREZOWSKI STANISŁAW	B.S.	BYTOM	3-MAJA 20/1	41-905	
BILANS OTWARCIA - STANY POCZĄTKOWE					
BLOCH JÓZEF	B.J.	KATOWICE	A. MICKIEWICZA 17	40-012	
BRZENCZEK MARCIN	B.M.	GLIWICE	PORTOWA 8	44-100	
BUDIMEX SP Z. O.O.		GLIWICE	WARSZAWSKA	44-100	524-120-49-36
CIEGIELKA MARCIN	C.M.	BYTOM	SOPOTNICKA 4/8	41-905	
CZECH TOMASZ	C.T.	ŚWIĘTOCHŁOWICE	DŁUGA 10/4	41-600	
DEROTECH SP Z. O.O.		ZABRZE	WOLNOŚCI 3	41-800	524-24-76-720
FIGIEL MICHAŁ	F.M.	GLIWICE	BYTOMSKA 17	44-100	
FIRMA USŁUGOWA FAREX-BUD		MYŚLOWICE	KOPERNIKA 40	41-404	531-000-06-87

Wyszukaj: wyszukuje wg: NAZWA Wyjście

Rys. 6. Wygląd okna programu Narzędziownia 3.0
[źródło: na podstawie materiałów reklamowych firmy PWSK]



Rys. 7. Oznaczenie narzędzia trudno zniszczalnym tagiem (technika RFID)
[źródło: opracowano na podstawie materiałów reklamowych firmy PWSK]

Technika RFID (*Radio-frequency identification*) ma także inne zalety w stosunku do kodów kreskowych. Są nimi:

- znaczne skrócenie czasu wydawania i zwrotu narzędzi,
- bezdotykowa identyfikacja narzędzi i pracowników,
- monitorowanie terminów przeglądów, ważności i legalizacji,
- szybka inwentaryzacja narzędzi,
- odnajdywanie narzędzi na hali produkcyjnej na odległość,
- możliwość samodzielnego pobierania i zwracania narzędzi z wykorzystaniem szaf narzędziowych MAG-MAX.



Rys. 8. Nowe marki narzędziowe służące do bezdotykowej identyfikacji pracowników i narzędzi [źródło: na podstawie materiałów firmy PWSK]

Zastosowanie techniki RFID umożliwia w końcu wyeliminowanie tradycyjnych marek narzędziowych, często kojarzonych z przestarzałą organizacją obsługi narzędziowej. Wygląd nowych marek narzędziowych z wbudowanymi identyfikatorami elektronicznymi przedstawia rys. 8.

8. PRZEWIDYWANY PRZEBIEG WDROŻENIA SYSTEMU NARZĘDZIOWNIA 3.0

Wdrożenie systemu Narzędziownia 3.0 powinno mieć podobny przebieg do innych udanych wdrożeń systemów informatycznych realizowanych w przedsiębiorstwie, tj. powinno ono składać się z czterech etapów.

Etap I – przygotowanie wdrożenia. Negocjacje handlowe i podpisanie kontraktu. Czas realizacji – 14 dni.

Etap II – instalacja sprzętu i oprogramowania oraz tworzenie baz danych. Czas realizacji – 7 dni.

Etap III – szkolenie pracowników narzędziowni z obsługi programu. Czas szkolenia – 1 dzień.

Etap IV – próbna eksploatacja systemu. Wydanie instrukcji wewnątrz-zakładowych i nowych marek wybranej grupie pracowników w celu testowania systemu. Czas testowania – 6 dni.

Przewidywane koszty wdrożenia systemu, łącznie ze szkoleniem pracowników, szacowane są na ok. 20000 zł.

9. WNIOSKI

Informatyzacja gospodarki narzędziowej w firmie Stadler Polska jest naturalną konsekwencją rozwoju przedsiębiorstwa. Można jedynie się dziwić, że narzędziownia dość długo opierała się zmianom, które byłyby w przyszłości i tak nieuchronne. Gospodarka narzędziowa jako dział gospodarki pomocniczej generuje dla przedsiębiorstwa koszty stałe. Są to przede wszystkim koszty osobowe pracowników narzędziowni i koszty utrzymywania określonych zasobów narzędziowych. Sposób zarządzania narzędziownią ma wpływ na wielkość tych zasobów. Im jest on bardziej efektywny tym mniejsza ilość narzędzi może zrealizować te same procesy produkcyjne. Przy pomocy systemu Narzędziownia 3.0 łatwiej będzie można monitorować te miejsca w których narzędzia są faktycznie wykorzystywane oraz te w których są one jedynie przetrzymywane.

Zatem wdrożenie systemu Narzędziownia 3.0 powinno przynieść przedsiębiorstwu Stadler Polska korzyści zarówno krótkookresowe jak i długookresowe. W krótkim okresie powinno mieć miejsce usprawnienie procesu wydawania i przyjmowania narzędzi, ułatwienie przeprowadzania inwentaryzacji i kontroli narzędzi, uproszczenie obiegu dokumentów i usprawnienie procesu zamawiania narzędzi i środków do produkcji.

Natomiast w długim okresie powinno zmniejszyć się zatrudnienie w narzędziowni (o jedną osobę na jedną zmianę roboczą) oraz powinno wystąpić łączne obniżenie zapasów narzędziowych i pozostałych zapasów magazynowych (przynajmniej o 20%), co ogólnie przełoży się na częściowe obniżenie kosztów stałych przedsiębiorstwa.

LITERATURA

- [1] GRZYBOWSKA K.: *Gospodarka zapasami i magazynem*. Wyd. Difin SA, Warszawa, 2010.
- [2] *Instrukcja I-09/PJ-09 – Zabezpieczenie pomieszczeń, terenów użytkowych oraz mienia.*
- [3] *Książeczka narzędziowa firmy Stadler Polska.*
- [4] *PN-78/M-78330 – Urządzenia gospodarki magazynowej. Urządzenia do składowania. Nazwy, określenia, podział i symbole.*

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ БУРОВОГО ШЛАМА ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ НА ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЕЯ

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды в Российской Федерации являются предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Загрязнение происходит на всех этапах: при строительстве и эксплуатации скважин; транспортировке и переработке углеводородного сырья. Нефтяная и газовая промышленность является потенциально опасными по загрязнению окружающей среды и ее объектов. Все технологические процессы при соответствующих условиях могут нарушать естественную экологическую обстановку. Наиболее негативное воздействие на экологию оказывают нефть, нефтепродукты и буровой шлам. Выбуренный шлам (буровой шлам) ввиду сложного минерального состава, содержанию нефти, нефтепродуктов и токсичных полимерных добавок: КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза), СББ (сульфид-спиртовая барда), ПАА (полиакриламида) и других при контакте с атмосферными осадками, подземными и надземными водами могут оказывать негативное влияние на установившееся природное равновесие локальных био- и агроценозов с непредсказуемым поведением этих комплексов в последующем времени [1].

Только на территории Крыма при добыче нефти на шельфе Черного моря образуется более 10 тыс. тонн бурового шлама, представляющую серьезную угрозу для окружающей природной среды. Проблема утилизации бурового шлама является крайне актуальной для нефтедобывающих регионов

¹ Младший.научный сотрудник. Лаборатория прибрежных экосистем при Институте природно-технических систем. Ул. Ленина 28,Г. Севастополь, Крым
mari.nacheva@mail.ru

Российской Федерации. Таким образом, актуальность проблемы, недостаточная ее изученность, теоретическая и практическая значимость этой проблемы, обусловили выбор темы диссертационной работы, структуру исследования и выбор методов решения поставленных задач.

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Диссертационной работы является снижение негативного влияния на воздушную и водную среду бурового шлама при добыче углеводородов на шельфе Черного моря с использованием термического метода его утилизации. Идея утилизации бурового шлама заключается в оптимизации температурных режимов, обеспечивающих процессы химических превращений соединений с максимальной нейтрализацией вредных веществ в специальной термоустановке на буровой платформе.

Объектом исследования является самоподъемная – плавучая буровая установка, эксплуатируемая на шельфе Черного моря по добыче природных углеводородов. Предметом исследования является физико-химические процессы превращения вредных соединений в конечные, равновесные и устойчивые продукты для вторичного использования, безвредные для окружающей среды, под воздействием термической обработки бурового шлама. Для достижения цели были сформированы задачи частные и общие.

Общей задачей исследования является снижение вредного воздействия на окружающую среду бурового шлама путем термической утилизации.

Частными задачами исследования являются: 1. Критический анализ проблемы и формирование частных задач исследования. 2. Теоретическое обоснование физико-химических превращений соединений бурового шлама под действием температуры в продукты вторичного использования, безвредные для окружающей среды. 3. Разработка общих и частных методик экспериментальных исследований и модели термоустановки. 4. Экспериментальные исследования физико-химических превращений бурового шлама и полученного вторичного сырья. 5. Конструкторско-технологические решения процесса термической утилизации бурового шлама и внедрение результатов исследования в производство.

Существует много различных способов утилизации бурового шлама, изучив и проанализировав более 30 способов, удалось их условно типизировать по методу утилизации, а также выявить их преимущества и недостатки. Таким образом, получилось семь методов утилизации отходов бурения: термические, физические, химические, физико-химические, биохимические и методы, предполагающие захоронение при определенных условиях. Следует отметить, что типизация носит условный характер и один и тот же метод может отнести к разным группам [2].

К термическим методам относятся: термическое прокаливание (термодесорбция) с получением грубой строительной керамики (кирпича, керамзита). В качестве источника тепла используют попутный газ, нефть, уголь, отходы древесины. При наличии большого объема буровых отходов (в сотни тысяч тонн в год) целесообразно строить завод по отжигу буровых отходов и производству кирпича и керамзита, что бесспорно является преимуществом данного способа, т.к. не только позволяет избавиться о отходов, но еще и получить вторичные материалы. Другой достаточно широко распространенный способ утилизации – электроемкостный нагрев объема бурового шлама с выпариванием воды. При этом в качестве электродов может выступать облицовка шламового амбара из бетонных плит. Стоимость утилизации данной группы достаточно низкая экологически они достаточно эффективны.

3. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.

К ним относятся отмыв загрязняющих веществ, в основном нефти из объема буровых отходов с помощью горячей воды и пара. Данный метод не дает отчистки от всех загрязняющих веществ и может быть лишь ступенью утилизации, поэтому экономически не выгоден, поскольку еще и достаточно дорогостоящ. Химический тип утилизации, заключается в нейтрализации отходов бурения с помощью химических реагентов с получением менее опасных и нейтральных показателей рН. Отрицательной стороной данного метода является то, что он и может применяться только как один из этапов утилизации и требует дальнейшей переработки.

Электрохимические методы: к ним относится электролизное разделение компонентов буровых отходов. Существенным недостатком являются образующиеся вблизи электродов скопления тяжелых металлов, галогенов и загрязняющих веществ, которые обезвреживаются дополнительной утилизацией, что не выгодно ни экологически, ни экономически.

4. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ:

Центрифугирование буровых отходов с возвратом раствора в буровой процесс. Однако объе буровых отходов после этого снижается всего на 10–15 %, а оставшаяся после этого масса подлежит дальнейшей переработке, что ведет к дополнительным затратам. Самыми современными методами ликвидации отходов бурения являются биохимические методы, например, биодеструкция загрязняющих компо-нентов с помощью микроорганизмов. Эти методы не получили пока широкого применения, поскольку микроорганизмы очень чувствительны к составу отходов бурения, действуют селективно на различные виды загрязнений, а также требуют специальных условий для своей жизнедеятельности.

Для ликвидации буровых отходов используются очень часто методы, предусматривающие захоронение, как наиболее простой и экономически выгодный, но при этом с точки зрения экологии далеко не оптимальный способ. К этой группе также относят закачку буровых отходов в глубоко залегающие подземные горизонты, но применяется только при наличии гидроизоляционных пластов. Захоронение в специально отведенном месте (или в шламовом амбаре) с помощью перемешивания привозимого грунта или песка, количество которого должно в десять раз превосходить объем отходов делает этот способ достаточно дорогим.

Выбор технологии утилизации буровых отходов производится с учетом множества факторов: технология бурения, оборудование и техника на кустовой площадке, местные условия, наличие и удаленность карьеров песка и сапропеля, торфа, ближайшие производства и отходы, наличие электроэнергии и топлива, конструкция шламового амбара и требования природоохранных органов. С учетом этих факторов, при бурении на шельфе Черного моря из всех вышеперечисленных способов утилизации оптимальным является термический способ. Его необходимо применять непосредственно на буровой установке, так как только утилизации данным способом дает оптимальный экологический результат при меньших экономических затратах. Следует также отметить, что утилизированный данным способом шлам позволяет получить вторичные материалы и может быть использован в качестве строительного материала при отсыпке дорог и соответствует требованиям ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей» [3].

Внедрение мероприятий по переработке отходов нефтедобычи, несомненно, в первую очередь направленно на снижение негативного воздействия на окружающую среду. Однако немаловажен и социально-экономический эффект для предприятия: отсутствие платы за размещение отходов, поскольку решая проблему по мере ее поступления не возникнет необходимости в складировании отходов; получение прибыли при реализации продуктов утилизации; расширение инфраструктуры рабочих профессий предприятий, создание дополнительных рабочих мест.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] РАХМАТУЛЛИН Д. В.: *Разработка комплексного метода утилизации буровых шламов*. Диссертационная работа, Уфа, 2011, 146 с.
- [2] СЕВРИКОВ В. В., ЛЬВОВ А. В., ЖУКОВСКАЯ М. В.: *Предотвращение загрязнения морской среды химическими отходами бурения*. Материалы VI международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы теоретической и прикладной биофизики, физики, химии – 2010», Том 1, Севастополь 2010, 436 с.
- [3] ГОСТ Р 52129–2003. *Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей*.

WYBRANE PROBLEMY OPTIMALIZACJI PROCESÓW MONTAŻOWYCH POJAZDÓW

1. WSTĘP

Proces łączenia poszczególnych części maszyny w jeden mechanizm lub maszynę nazywamy montażem. Części można łączyć w sposób ruchomy oraz stały. W pierwszym przypadku poszczególne powierzchnie części łączonych zmieniają położenie wzajemne, w drugim - powierzchnie te mają położenie ustalone. Połączenia nieruchome gwarantują stałość wzajemnego położenia części. Połączenia ruchome umożliwiają wzajemne przemieszczanie się elementów sprzężonych.

Jedne i drugie można podzielić na:

- Połączeniami nierozłącznymi nazywamy takie połączenia które w okresie użytkowania maszyny, nie powinny być demontowane, i których demontaż (w razie konieczności) jest zwykle związany z uszkodzeniem łączonych elementów, lub też wymaga dużych sił. Typowe połączenia nierozłączne są wykonywane przy pomocy spawania, lutowania, klejenia, wtłaczania.
- Połączeniami rozłącznymi nazywamy połączenia, które mogą być rozłączane bez szczególnych wysiłków i bez uszkodzenia łączonych i łączących części. Połączenia rozłączne są wykonywane przy pomocy śrub, klinów, kołków, zamków itp. Do tych połączeń zalicza się też wszystkie ruchome połączenia tuleja – wałek wykonane według pasowań ruchomych i mieszanych, a ponadto połączenia powierzchni kulowych, stożkowych oraz połączenia śrubowe.

¹ Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów i Napędów Lotniczych, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36, e-mail: t.lusiak@pollub.pl

² Katedra Termodynamiki, Mechaniki Płynów i Napędów Lotniczych, Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36, e-mail: darek.kasperek@gmail.com

³ Politechnika Lubelska, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36, e-mail: driver804@wp.pl

Każda maszyna składa się z oddzielnych zespołów, podzespołów i pojedynczych części. Częścią maszyny jest element wykonany z tego lub innego materiału, przedstawiający jedną całość. Kilka części połączonych, niezależnie od rodzaju połączenia i metody wykonania nazywamy zespołem lub podzespołem. Zespoły maszyn mogą być różnego stopnia skomplikowania. Mogą składać się z dwóch, trzech czterech części (są to zespoły proste) lub też z kilkunastu lub kilkudziesięciu części (zespoły skomplikowane). Połączenia części wchodzące bezpośrednio do maszyny, nazywamy zespołem, zaś wchodzące do zespołu podzespołem.

Montaż jest szeregiem powiązanych ze sobą czynności potrzebnych do połączenia dwóch lub więcej jednostek montażowych, według z góry określonych warunków technicznych jakim powinno odpowiadać dane połączenie.

Definicja ta ściśle określa czynności jakie są niezbędne do uzyskania połączenia dwu lub więcej jednostek montażowych a są nimi:

- Przenoszenie do przestrzeni roboczej.
- Orientowanie wzajemne jednej jednostki lub pojedynczych jednostek względem drugiej.
- Ustalanie jednostki przyłączanej powierzchnią ustalającą, do powierzchni ustawczej jednostki podstawowej (bazowej).
- Utrwalanie połączenia bezpośrednie lub pośrednie za pomocą jednostek łącznych lub środków łączących (kleje) – czynność ta nie zawsze występuje.
- Kontrola połączenia – nie zawsze występuje.
- Przeniesienie jednostki zmontowanej poza przestrzeń roboczą.

Procesem technologicznym montażu nazywamy tą część procesu produkcyjnego, która bezpośrednio jest związana z łączeniem oddzielnych jednostek montażowych w daną jednostkę wyższego rzędu lub całą maszynę według z góry określonych warunków technicznych.

2. WPROWADZENIE DO OPTYMALIZACJI

W procesie optymalizacji szczególną rolę odgrywają ograniczenia optymalizacyjne. Pozwalają one na utrzymanie procesu montażu w bezpiecznym obszarze pracy.

Z punktu widzenia inżynierskiego, ograniczenia można podzielić na dwie kategorie. Do pierwszej grupy ograniczeń optymalizacyjnych można zaliczyć podstawowe ograniczenia takie jak: wytrzymałość, sztywność, drgania, czy stateczność konstrukcji pod wpływem zadanych obciążeń. Jest to taka grupa, która może mieć istotny wpływ na zachowanie się konstrukcji, na jej pracę pod wpływem obciążeń czy własności eksploatacyjne. Drugą grupą ograniczeń

optymalizacyjnych są ograniczenia technologiczne. Dotyczą one ograniczeń związanych z minimalną i maksymalną wartością parametrów określającą geometrie konstrukcji. Po wprowadzeniu każdego z ograniczeń, dziedzina rozwiązań, czyli zbiór zmiennych decyzyjnych zmniejsza się. Powoduje to zmniejszenie obszaru rozwiązań dopuszczalnych [4].

Od wielu lat problematyka optymalnego kształtowania konstrukcji i ich elementów wzbudza zainteresowanie wśród inżynierów i badaczy. Związane jest to z koniecznością udoskonalania istniejących rozwiązań, a także z potrzebą rozwoju nowych, skuteczniejszych metod projektowania. W przemyśle optymalizacja odgrywa szczególnie ważną rolę. W dziedzinie tej poszukuje się takich rozwiązań, dzięki którym konstrukcje staną się lżejsze, tańsze i bardziej wytrzymałe. Jednakże każdy konstruktor musi pamiętać, że poprawa jednego parametru odbywa się kosztem drugiego [2, 4].

2.1. OPTYMALNE KSZTAŁTOWANIE KONSTRUKCJI

Z punktu widzenia technologicznego, za konstrukcję uważa się pojedynczy element, którym może być np. pręt lub belka, bądź zbiór punktów, np. część maszyny lub urządzenie. Optymalizacja konstrukcji dotyczy głównie zagadnień takich jak wybór parametrów kształtów i cech fizycznych konstrukcji. Kształt konstrukcji wyrażony jest poprzez parametry konstrukcji. Parametry te określają wymiary, rodzaj materiału, drgania konstrukcji, właściwości fizyczne, chemiczne, mechaniczne itp., czyli wszystkie cechy, które możemy wyrazić przy użyciu pojęć matematycznych [2, 4]. W poszukiwaniu najlepszej możliwości, zostają porównane ze sobą poszczególne rozwiązania. Dokonane jest to za pomocą kryterium optymalizacyjnego. Kryterium określa wielkość, względem której stosowana jest optymalizacja. W praktyce występują różnego rodzaju kryteria. Najbardziej typowym i najczęściej spotykanym kryterium w optymalizacji jest cena, kształt lub wymiar.

2.2. ETAPY W OPTYMALIZACJI

Na zagadnienia, dotyczące optymalnego kształtowania, składają się dwa etapy [4]. Etap pierwszy dotyczy sformułowania zadania optymalizacyjnego. Drugi etap określa rozwiązanie zagadnienia optymalizacji. Do podstawowych elementów wchodzących w skład sformułowania zadania optymalizacji należy:

- określenie wielkości fizycznych, będącymi zmiennymi optymalizacji,
- przyjęcie ograniczeń w zagadnieniu,
- sformułowanie funkcji celu będącą matematycznym zapisem kryterium optymalizacji.

Sposób rozwiązania zagadnienia optymalizacji zależy od wyboru metody optymalizacyjnej. Związane jest to m.in. z następującymi aspektami:

- rodzaj rozpatrywanego problemu,
- wielkość problemu,
- liczba i rodzaj ograniczeń,
- wymagania dotyczące dokładności obliczeń,
- dostęp do oprogramowania,
- poziom trudności w interpretowaniu wyników.

Optymalizacja jest jedynie narzędziem wspomagającym proces projektowania. Niejednokrotnie wyniki otrzymane z obliczeń matematycznych pozwalają na określenie obszaru projektowego, jednakże wykonanie modelu jest utrudnione lub niemożliwe do wykonania. Z drugiej zaś strony optymalne kształtowanie jest wyższym poziomem projektowania. Związane jest to ze stawianymi wymaganiami. Dlatego tak ważne jest, aby konstrukcja była pod danym względem nie tylko najlepsza, ale żeby także spełniała określone wymagania zawarte w normach i przepisach [2].

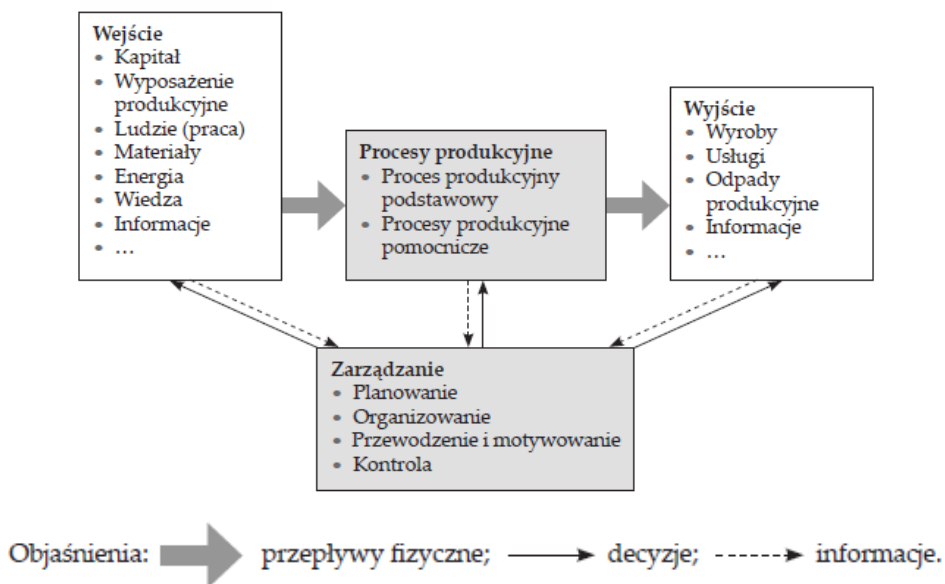
3. OPTYMALIZACJA PROCESU MONTAŻOWEGO

Zgodnie z definicją [3] proces jest to „zbiór działań, który posiada jeden lub wiele rodzajów wejść i przekształca je w wyjścia przedstawiające wartość dla klienta”. Proces zatem można przedstawić graficznie (rys.1):



Rys. 1. Model procesu

Odnosząc się do realizowanych w przedsiębiorstwie procesów produkcyjnych i analizy ich efektywności można posłużyć się modelem wykorzystywanym w pracach wielu autorów [1].



Rys. 2. Model systemu produkcyjnego

Procesy przebiegające w organizacji posiadają następujące cechy [5]:

- są zbiorem powiązanych działań,
- posiadają określone wejście i wyjście,
- wykonywane są przez jednostki organizacyjne usytuowane w różnych obszarach struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa,
- procesy składają się z działań (funkcji) w wyniku których powstaje wartość dla klienta,
- posiadają wewnętrzną strukturę działań,
- procesy powinny być mierzalne,
- procesy powinny być ciągle doskonalone,
- procesom podlega obiekt działania (np. informacje, surowce, itp.),
- odbiorcami efektów procesów są klienci wewnętrzni oraz zewnętrzni,
- w procesach wykorzystywane są różne zasoby, w tym ludzkie i techniczne.

Ciągła poprawa procesów montażowych oraz wdrażanie nowych technologii jest niezbędnym elementem pozwalającym przedsiębiorstwom na utrzymanie konkurencyjnej pozycji na rynku. Analiza trendów i kierunków zmian zachodzących na zewnątrz i wewnątrz przedsiębiorstwa dają możliwości przygotowania zmian, które pozwalają na utrzymanie dotychczasowej pozycji bądź jej poprawę. Nieustanne doskonalenie procesów montażowych należy do najważniejszych działań związanych z zarządzaniem i organizacją pracy w zakresie wytwarzania maszyn.

Proces montażu jest wynikiem realizacji projektu konstrukcyjnego oraz wdrożonej technologii, dostępnego oprzyrządowania, zasobów osobowych i innych czynników. Ważnym aspektem przed wdrożeniem procesu montażowego jest jego weryfikacja, która ma dać odpowiedź na podstawowe kwestie – czy przygotowany model pracy jest realny do wykonania w określonym czasie, czy dysponujemy wymaganymi zasobami osobowymi, jakie są wąskie gardła procesu, a także czy jest ekonomicznie opłacalny.

Optymalizacja, jak już wcześniej zaprezentowano, polega na wyborze najlepszego ze wszystkich możliwych działań i wynika z dążenia do uzyskania maksymalnych korzyści dla określonych kryteriów.

W procesach montażowych pojazdów mogą występować następujące kryteria optymalizacji:

- ponoszonych kosztów,
- dostępnego czasu,
- przyjętego poziomu jakości wyrobu,
- wykorzystania miejsca przeznaczonego na montaż,
- stosowanego oprzyrządowania,
- zasobów osobowych (związane z poziomem wiedzy, kompetencji i umiejętności),
- organizacji pracy,
- bezpieczeństwa pracy.

Zachodzi zatem konieczność stosowania optymalizacji wielokryterialnej. Przy czym w pierwszej kolejności należy dokonać wyboru kryterium, co do którego poszukujemy maksymalizacji. Wybór kryterium determinuje z kolei dalsze działania związane z optymalizacją procesów i jednocześnie ma wpływ na pozostałe czynniki. Związane jest to ze stawianymi wymaganiami. Dlatego tak ważne jest, aby proces montażu był dla przyjętego kryterium najwydajniejszy, ale jednocześnie spełniał wymagania określone w przepisach normach.

Wejściami do procesów montażowych realizowanych podczas montażu pojazdów są:

- części,
- podzespoły,
- zespoły maszyn,
- elementy złączne,
- pozostałe materiały.

Realizowane procesy:

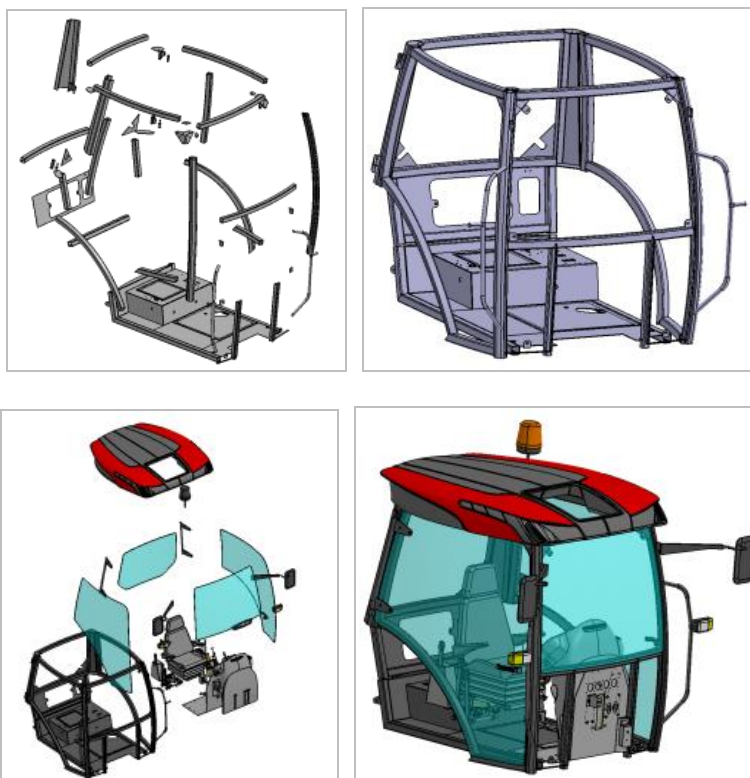
- przygotowanie części montażowych,
- podmontaże w podzespoły i zespoły,
- montaż wyrób,
- kontrola wyrobu.

Wyjściami z procesów podmontaży są zespoły montowane z podzespołów, części, elementów złącznych. Wyjściem z całego procesu montażu jest gotowy wyrób.

Przykładem montażu zespołów pojazdu są kabiny przeznaczone do różnych typów ciągników rolniczych.

Na rysunku [3] widać kolejne etapy produkcji:

- przygotowanie elementów szkieletów kabin,
- spawanie elementów w cały szkielet kabiny,
- kompletacja poszczególnych podzespołów wyposażenia,
- złożenie kabiny w cały zespół.



Rys. 3. Konstrukcyjnie wyodrębnione podzespoły montażowe i zmontowany zespół

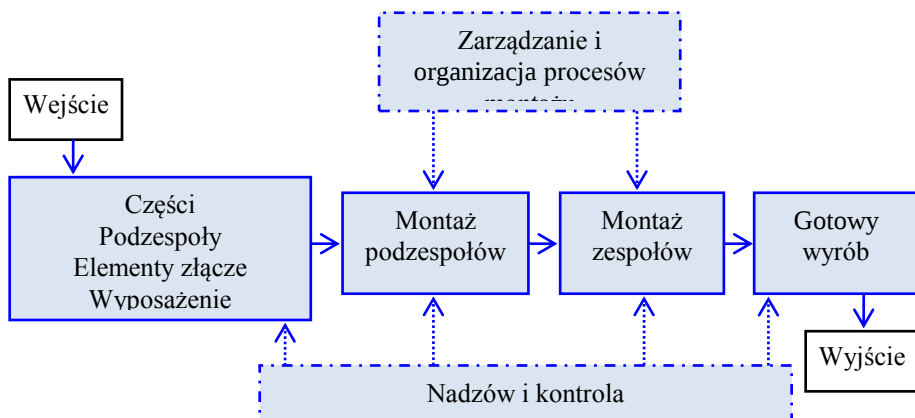
Kolejnym przykładem realizacji procesów montażu pojazdów jest montaż kompletnego ciągnika rolniczego.

W zależności od modelu i wyposażenia, na wykonanie gotowego wyrobu składa się z kilkadziesiąt operacji technologicznych.

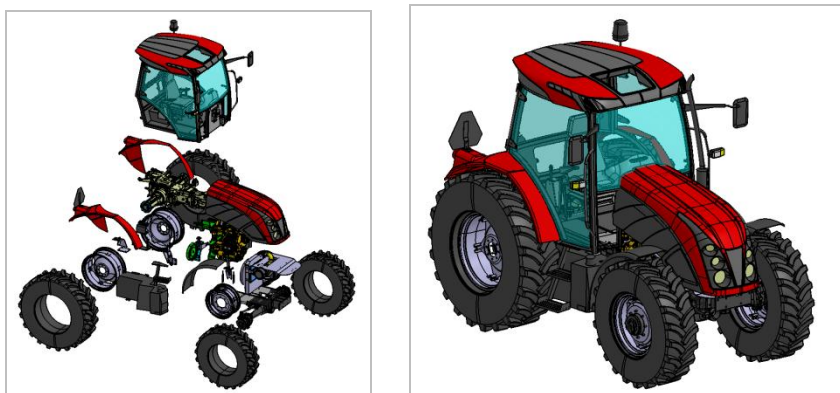
Główne operacje montażowe to:

- Montaż silnika do transmisji,
- Montaż zespołu osi przedniej do silnika,
- Montaż osprzętu silnika,
- Montaż zaczepu tylnego,
- Montaż układów sterowania,
- Montaż kabiny,
- Montaż zbiornika paliwa,
- Montaż kół,
- Oklejenie i oznakowanie.

Graficznie etapy montażu przedstawione są na rysunku 4.



Rys. 4. Model etapów procesu montażu

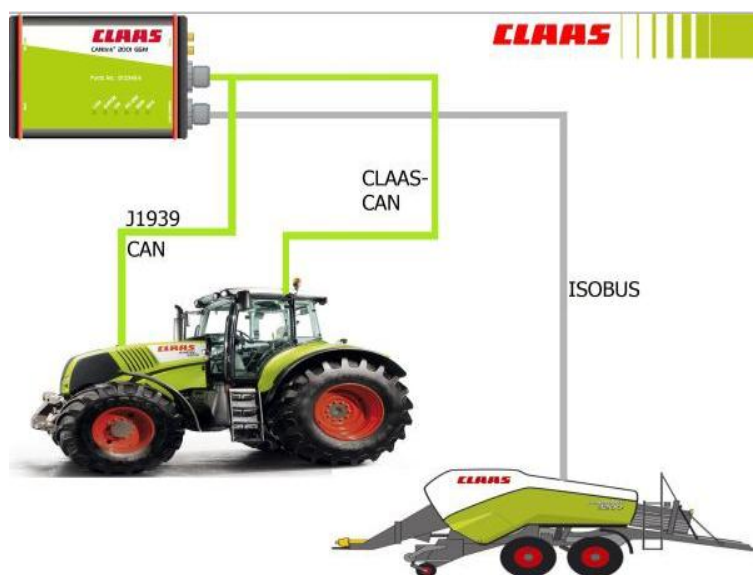


Rys. 5. Konstrukcyjnie wyodrębnione zespoły montażowe i zmontowany ciągnik

3.1. SYSTEM TONI

Dane dla pracujących maszyn, zbierane formacie ISOBUS, są zbierane w odstępach 5-sekundowych, a następnie przesyłane co 2–3 min. przez sieć GSM do systemu Claas-Telematics (Rys. 6). Są one więc szybko dostępne na komputerze użytkownika [6]. Ciągnik i maszyna są tutaj traktowane jako jedna jednostka pracy, co daje nowe możliwości przetwarzania uzyskanych w ten sposób danych (na przykład zużycie paliwa na sprasowaną kostkę lub balot), do znacznie ułatwia kalkulację kosztów pracy. Za pomocą systemu Toni stale i w czasie rzeczywistym dokonywana jest dokumentacja wszystkich procesów pracy takich jak siew, nawożenie, ochrona roślin i zbiór, a także zbieranie danych wszystkich maszyn objętych systemem – także innych marek [6]. Protokołowanie i analiza danych pomaga w wykrywaniu rezerw wydajności, wzajemnym dopasowywaniu ustawień poszczególnych maszyn i optymalnym rozplanowaniu pracy operatorów i maszyn [6].

Firma CLAAS Agrosystems opracowała ten program we współpracy z firmami: Amazone, Horsch, Kamps de Wild BV, Lemken, SGT Schoenebeck i Zunhammer. Do tej grupy mają wkrótce dołączyć inni producenci maszyn [6].



Rys. 6. System zdalnego przesyłu danych firmy CLAAS [6]

4. PODSUMOWANIE

Współczesne tendencje rozwoju konstrukcji pojazdów wprowadzają konieczność prowadzenia badań nad możliwościami projektowania maszyn, spełniających cechy zarówno nowoczesności, konkurencyjności, bezpieczeństwa, jak i ekonomii wytwarzania oraz użytkowania. Zachęca to konstruktorów do prowadzenia prac nad tworzeniem nowych, innowacyjnych rozwiązań. Wprowadzając zabiegi jakimi może być optymalizacja, znacząco poprawia konkurencyjność produktu, który firma chce sprzedawać.

LITERATURA

- [1] KOSIERADZKA A.: *Zarządzanie produktywnością w przedsiębiorstwie*. Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa, 2012.
- [2] BOCHENEK B., KRUŻELECKI J.: *Optymalizacja stateczności konstrukcji*. Politechnika Krakowska, Kraków, 2007.
- [3] HAMMER M., CHAMPY J.: *Reengineering w przedsiębiorstwie*. Neumann Management Institute, Warszawa, 1996.
- [4] LATAJSKI J.: *Wybrane zagadnienia z dynamiki i optymalizacji*. Wykład, Politechnika Lubelska, 2012.
- [5] Adamczyk M.: *Procesy przedsiębiorstwa – definicje*. Materiały internetowe, http://procesybiznesowe.pl/2013/procesy-przedsiębiorstwa-%E2%80%93-definicje/#_ftn1
- [6] <http://www.farmer.pl/technika-rolnicza/maszyny-rolnicze/optimalizacja-pracy-na-odleglosc,35030.html>