

DECYZJE PODEJMOWANE W PROCESIE PROJEKTOWANIA WYROBU UWZGLĘDNIAJĄCE RECYKLING

Zenobia WEISS, Ewa DOSTATNI

Streszczenie: W artykule opisano proces projektowania wyrobu uwzględniający jego recykling. Przedstawiono analizę decyzji podejmowanych przez projektanta w poszczególnych etapach projektowania. Pokazano procedurę projektowania wyrobów AGD oraz decyzje projektantów na poszczególnych etapach począwszy od wyboru wyrobu do produkcji poprzez opracowanie prototypu wirtualnego, a następnie prototypu przemysłowego będącego podstawą produkcji partii próbnej wyrobów.

Słowa kluczowe: proces projektowania, ekoprojektowanie, recykling, procesu decyzyjny w projektowaniu.

1. Wstęp

Zasadniczym celem działalności przedsiębiorstw produkcyjnych jest wprowadzanie na rynek produktów, które okażą się konkurencyjne i zdobędą uznanie na rynku. Tylko wyrób o wymaganych właściwościach i odpowiedniej jakości będzie w stanie zdobyć uznanie konsumentów. Do zadań projektanta należy określenie i wprowadzenie do wyrobu takich cech, które będą w stanie zagwarantować mu konkurencyjność.

W działalności produkcyjnej każdego przedsiębiorstwa wykorzystuje się różne zasoby używając je lub przetwarzając w celu uzyskania wyrobu końcowego. W wyniku procesów wytwórczych powstaje wiele odpadów, które wprowadzane do środowiska naturalnego powodują jego degradację. Ponadto coraz częstszym zjawiskiem jest wykorzystywanie do produkcji znacznej ilości tworzyw sztucznych, które są szkodliwe dla środowiska. Rozwój konsumpcji, ciągle wprowadzanie coraz to nowych wyrobów na rynek, skrócenie czasu użytkowania wyrobów powodują ciągły wzrost zużycia surowców oraz gwałtowne zwiększanie ilości odpadów.

Zauważyć można, że właśnie na etapie projektowania podejmowane są decyzje, które wpływają na ilość odpadów w procesie produkcji, rodzaj stosowanych materiałów, możliwość poddania zużytego produktu procesowi demontażu itp. Nowym podejściem do tworzenia wyrobów jest ekoprojektowanie, którego założeniem jest dostarczanie na rynek produktów o możliwie minimalnym obciążeniu dla środowiska w całym cyklu życia, a także możliwość zagospodarowania zużytego produktu.

2. Charakterystyka procesu projektowego wyrobu

Obecnie u podstaw projektowania wyrobów przemysłowych leży prowadzenie szerokich studiów wstępnych. Przeprowadza się analizę istniejących na świecie produktów z interesującej projektanta grupy. Analiza dotyczy właściwości eksploatacyjnych, konstrukcyjnych, budowy wewnętrznej, kosztów i wielkości produkcji, technologii wytwarzania itd. Celem studiów wstępnych jest zgromadzenie informacji o wyrobach z

danej grupy znajdujących się na rynku, ich właściwościach, o rozmiarach rynku, upodobaniach klientów itp.

W wyniku studiów i prac wstępnych, powstaje najczęściej kilka koncepcji konstrukcji w postaci wstępnych schematów, szkiców czy opisów. Studia i prace wstępne są zwykle niezbędne przy opracowywaniu nowych konstrukcji, które w znacznym stopniu odbiegają od stosowanych dotychczas. Koncepcja nowej konstrukcji może powstać w wyniku analogii do konstrukcji już istniejących bądź na podstawie prac badawczo-doświadczalnych, czy też wreszcie dzięki oryginalnemu pomysłowi, którego źródłem jest wyobraźnia, znane prawa nauki i doświadczenie osobiste projektanta. Konstrukcje złożone powstają najczęściej w wyniku splotu kilku z wymienionych źródeł koncepcji. Zdarzyć się może, że zamiar na nowy wyrób pojawić może się nagle, niespodziewanie, zwykle jednak koncepcja wymaga pewnego czasu dojrzwania i krystalizacji [1].

Dla projektowanego wyrobu opracowuje się założenia konstrukcyjne, określające jakie funkcje powinien spełniać produkt. Na tej podstawie opracowuje się ogólną koncepcję produktu. Ustala się kształt i wymiary projektowanego wyrobu, podaje się charakterystyki dotyczące własności funkcjonalnych produktu (przykładowo moc, zużycie prądu bądź innych zasobów) oraz ustala ograniczenia, wynikające chociażby z obowiązujących norm oraz dyrektyw. Dobiera się odpowiednie materiały o określonych właściwościach fizykochemicznych i technologicznych, które zagwarantują uzyskanie wymaganej trwałości produktu lub jego elementów. Na tym etapie projektowania powinna mieć miejsce ścisła współpraca projektanta wzornictwa, konstruktora oraz technologa, bowiem zostają wtedy podjęte bardzo istotne decyzje dotyczące konstrukcji, a więc np. czy zawierać ma ona połączenia spawane czy też klejone, w jakim zakresie należy sięgnąć po nowe technologie bądź materiały. Konstruktor stara się zapewnić jak najlepsze właściwości eksploatacyjne i techniczne projektowanego wyrobu. Technolog zaś powinien doradzać konstruktorowi w obszarze technologiczności konstrukcji. Określa się zatem takie istotne dla konstrukcji parametry, jak stan obciążenia, materiał, stateczność oraz stosunki wielkości związanych i oddziaływujących wzajemnie na siebie w konstrukcji [1].

Po opracowaniu konstrukcji podejmuje się dalsze prace projektowe: wykonanie prototypu, badania prototypu, opracowanie projektu technicznego, opracowanie dokumentacji wykonawczej, opracowanie dokumentacji eksploatacyjnej.

Wykonanie prototypu obejmuje działania zmierzające do uzyskania gotowego modelu projektowanego wyrobu. Wyróżnić można prototypy wirtualne, które istnieją tylko w pamięci komputera, tworzone przy wykorzystaniu specjalnych programów komputerowych oraz prototypy fizyczne, które posiadają większość cech charakterystycznych projektowanego wyrobu.

Badania laboratoryjne prototypu pozwalają na sprawdzenie teoretycznych założeń dotyczących obiektu, dokonanie obserwacji, wykonanie analizy wyrobu czy zmniejszenie kosztów badań. Umożliwiają wykrycie błędów konstrukcyjnych oraz dają możliwość oszacowania wartości użytkowych i zachowania się konstrukcji w warunkach wybranych do jej sprawdzenia.

Po wprowadzeniu poprawek, które okazały się konieczne w wyniku badań nad prototypem i po ostatecznym zaakceptowaniu konstrukcji prototypu następuje opracowanie projektu technicznego i dokumentacji konstrukcyjnej. W tej fazie dąży się do uzyskania takich cech jak: technologiczność konstrukcji (łatwość produkowania), niski koszt (przy zmniejszeniu ilości materiałów i roboczo-godzin), dobra użyteczność (łatwość eksploatacji) itp. Współpraca technologa z konstruktorem na tym etapie prac dotyczy przede wszystkim określenia technologiczności konstrukcji, doboru materiałów wyjściowych, struktury i

właściwości warstwy wierzchniej poszczególnych części oraz sposobu i warunków montażu. Również ważna jest tutaj rola projektanta wzornictwa.

Dokonyuje się analizy produkcyjnej wyrobu, mającej na celu jego podział na grupy półwyrobów dające się zrealizować za pomocą podobnych procesów technologicznych. Analizuje się strukturę parku maszyn, określa możliwości kooperacji wewnętrznej i zewnętrznej. Projektant wyrobu powinien być w stałym i ścisłym kontakcie z projektantem procesu (technologiem).

Na podstawie konstrukcyjnych rysunków wykonawczych technolog opracowuje karty operacji, karty obiegu, rysunki narzędzi oraz karty instrukcyjne zawierające szczegółowy opis operacji technologicznych. Rysunki robocze dla produkcji przemysłowej podlegają jeszcze dodatkowym sprawdzeniom i weryfikacji.

Podczas opracowywania projektu technicznego i konstrukcyjnych rysunków wykonawczych zwraca się między innymi uwagę na takie czynniki jak: stosowanie się do obowiązujących norm oraz dyrektyw, wykorzystywanie materiałów i części znormalizowanych, stosowanie części oraz materiałów już wcześniej wykorzystywanych w innych procesach wytwórczych, minimalizację wymiarów oraz zmniejszenie liczby części wchodzących w skład projektowanego wyrobu, zmniejszenie kosztów eksploatacji poprzez minimalizację konieczności serwisowania, zapewnienie jak największej niezawodności wyrobu, spełnienie wymagań ergonomicznych.

Ostatnim etapem projektowania nowego wyrobu jest wytworzenie serii informacyjnej wyrobów. Seria informacyjna pozwala zbadać zachowanie się nowego wyrobu w różnorodnych warunkach eksploatacyjnych. W tym celu wyroby kieruje się do specjalnie wybranych grup użytkowników, którzy będą w stanie określić istotne różnice w zachowaniu się wyrobu w wyniku zmiany warunków eksploatacji. Seria taka pozwala również sprawdzić poprawność procesów technologicznych obróbki i montażu, a także oprzyrządowania technologicznego, jakie zostały zaprojektowane dla produkcji wyrobu. Konstruktor ma za zadanie ostatecznie zweryfikować dokumentację konstrukcyjną i technologiczną, które po naniesieniu poprawek są przekazywane na wydział produkcyjny.

Obecnie coraz częściej stosuje się ekoprojektowanie. „Ekoprojektowanie stanowi nowe podejście do projektowania wyrobów i polega na identyfikowaniu aspektów środowiskowych związanych z produktem i włączaniu ich do procesu projektowania już na wczesnym etapie rozwoju produktu” [6].

Projektowanie proekologiczne jest sposobem na dostarczanie takich towarów, które produkowane są z wykorzystaniem procesów technologicznych, w których unika się stosowania niebezpiecznych substancji i wytwarzania szkodliwych odpadów. Stosowane w produkcji surowce powinny być odnawialne, w tym również przez możliwość powtórnego wykorzystania [5].

Proces projektowania cech ekologicznych wyrobu jest uzależniony z jednej strony od specyfiki firmy, w której ono następuje, z drugiej zaś od samego wyrobu. Proces projektowania i rozwoju wyrobu przebiega w sposób dynamiczny, niektóre etapy realizowane są współbieżnie. W poszczególnych etapach uwzględniane są czynniki ekologiczne i analizowany jest ich wpływ na środowisko.

Wprowadzenie aspektów ekologicznych do procesu projektowania jest tym bardziej efektywne, im wcześniej ono ma miejsce. Zmiany założeń w późniejszych stadiach procesu projektowania lub konieczność dostosowania gotowego projektu do spełnienia warunków ekologicznych są trudne, gdyż są obciążone opracowaną już wcześniej koncepcją.

3. Charakterystyka procesów decyzyjnych w projektowaniu

Projektanci muszą być w stanie przewidzieć ostateczne efekty prowadzonego projektu tak, aby w momencie wprowadzenia gotowego produktu na rynek został on zaakceptowany przez konsumentów i przyniósł oczekiwane korzyści. Podstawowym problemem projektowania jest to, że projektanci zmuszeni są do korzystania z informacji bieżących, aby przewidzieć stan przyszły, który w dodatku nie zajdzie, jeśli przewidywania te okazałyby się błędne.

Przy podejmowaniu decyzji projektowych niezwykle ważnym jest trafne przewidywanie kierunku rozwoju rynku oraz oczekiwań przyszłych użytkowników. Projektant kieruje się przy podejmowaniu decyzji czynnikami logicznymi, kształtowanymi przez jego wiedzę oraz umiejętności, a także czynnikami psychologicznymi, do których należą jego charakter, stan emocjonalny i wpływ otoczenia [1].

Projektant, aby podejmować właściwe decyzje powinien wykazywać przede wszystkim umiejętność użytkowania posiadanych informacji oraz umiejętność dostrzegania analogii w zjawiskach lub problemach różniących się i pozornie do siebie podobnych, co pozwoli wykorzystywać informacje z projektów wcześniej prowadzonych i w konsekwencji prowadzić może do znacznego skrócenia czasu prowadzonego projektu, uniknięcia błędów popełnionych w innych projektach itp. [2].

Podczas projektowania podejmowana jest niezliczona liczba decyzji. Najważniejsze w projektowaniu są decyzje dotyczące wyboru wariantów rozwiązań projektowych, wywierają one zasadniczy wpływ na jakość projektowania.

Nie wszystkie decyzje są jednakowo ważne i nie wszystkie mają taki sam stopień trudności oraz odpowiedzialności. Wpływ większości z nich na proces projektowania jest nieznaczący. Część to decyzje będące następstwem podjętych wcześniej bądź wynikających z obowiązujących norm i dyrektyw. We wszystkich tych fazach proces podejmowania decyzji powinien obejmować następujące etapy: dobór kryteriów oceny i ustalenie hierarchii ich ważności, wyspecyfikowanie przewidywanych cech poszczególnych rozwiązań ze względu na wyszczególnione kryteria oceny, porównanie rozwiązań na podstawie ich przewidywanych cech oraz wybór ostatecznego rozwiązania [4].

Podejmowanie decyzji projektowych ma na celu znalezienie takiego wariantu rozwiązania, który albo wpłynie na osiągnięcie jak najkorzystniejszego wyniku przy określonych środkach wykorzystywanych do jego osiągnięcia, albo też prowadzi do minimalizacji środków na osiągnięcie założonego celu.

Podejmowane decyzje mogą mieć charakter ilościowy lub jakościowy. Decyzje o charakterze ilościowym określone są konkretnym wynikiem liczbowym. Można je podzielić na decyzje podejmowane w warunkach pewności, ryzyka lub niepewności. Porównanie rozwiązań możliwe jest wtedy, gdy kryteria oceny wyrażone są w tych samych jednostkach miary.

Decyzje podejmowane w warunkach pewności to takie decyzje projektowe, dla których prawdopodobieństwo wyboru określanego kryterium oceny jest pewne, czyli równe jedności. Ze zbioru wariantów dla danego stanu otoczenia wybiera się w takim przypadku wariant optymalny.

W przypadku decyzji podejmowanych w warunkach ryzyka istnieje możliwość wystąpienia więcej niż jednego z możliwych stanów otoczenia dla każdego z wariantów rozwiązania. Za stan ryzyka uznaje się taką sytuację, w której elementy wpływające na podjęcie decyzji są znane z pewnym szacunkowym prawdopodobieństwem. I tak, kiedy rozważa się, czy podjąć decyzje o wykorzystaniu w produkcji nowego, nieznanego dotąd

materiału, projektant ma do dyspozycji szacunki spodziewanych zysków. Jednak nawet najlepszy specjalista nie zagwarantuje, że otrzymamy właśnie taki zysk, jaki wynika z szacunków.

Decyzje podejmowane w warunkach niepewności to decyzje, gdy nie da się określić prawdopodobieństw wyboru kryteriów oceny liczbowo ani ich uszeregować. Z decyzjami podejmowanymi w warunkach niepewności ma się do czynienia wtedy, gdy informacje dotyczące przyszłych sytuacji są obciążone dużym błędem. Przykładowo, jeżeli rozważa się rozpoczęcie produkcji zupełnie nowego urządzenia, napotyka się na trudności związane z podjęciem decyzji, szczególnie, jeżeli w grę wchodzi długi okres czasu lub wysoki nakład finansowy. Producent nie może przewidzieć reakcji konsumenta na projektowany wyrób ze względu na brak zaznajomienia konsumenta z tymże wyrobem.

W podejmowaniu decyzji należy mieć też na uwadze fakt, że konkurent modyfikuje swoje wcześniejsze decyzje i stara się przewidzieć decyzje, jakie podejmują jego konkurenci.

Istnieją kryteria podejmowania decyzji, dla których stosowanie oceny ilościowej jest niemożliwe lub bardzo trudne ze względu na fakt, iż kryteriów oceny lub wyników decyzji nie da się ująć liczbowo. Przykładem mogą być tutaj takie kryteria jak niezawodność czy bezpieczeństwo pracy. Stosuje się w takich przypadkach ocenę jakościową.

Podczas projektowania proekologicznego wyrobu podstawowe znaczenie dla podejmowanych decyzji ma myślenie ekologiczne, czyli takie myślenie techniczne, które uwzględnia skutki ekologiczne powstawania i funkcjonowania wyrobu. Integracja procesu projektowania z aspektami środowiskowymi opisana jest w normie ISO 14062. Wyniki każdego etapu procesu projektowego powinny być zebrane i przekazane do następnego, co pozwala na weryfikację oraz wprowadzenie udoskonaleń produktu zarówno pod względem technicznym, jak i ekologicznym.

Pierwsza faza ekoprojektowania, jaką jest planowanie powinna rozpocząć się od analizy czynników występujących w tradycyjnym podejściu do projektowania takich jak: sytuacja na rynku, potrzeby i oczekiwania konsumentów oraz poczynania konkurencji. Poza tymi czynnikami należy również uwzględnić wymagania środowiskowe wyznaczone przez obowiązujące normy i przepisy prawne. Wszystkie one mają znaczący wpływ na projektowany wyrób i mogą być uwzględniane podczas podejmowania decyzji w odniesieniu do zasobów wewnętrznych (zasoby finansowe, technologia produkcji, dostępność danych, możliwości dostawców, dostępność podzespołów, komponentów czy materiałów).

Kolejnym etapem jest stworzenie projektu koncepcyjnego uwzględniającego aspekt środowiskowy. Tutaj pomocne mogą być takie źródła informacji jak wytyczne i listy kontrolne dotyczące materiałów, informacje związane z montażem i demontażem, dane związane z recyklingiem materiałów, bazy danych materiałów stosowanych w produkcji, literatura, integracja zarządzania środowiskowego z procesem projektowania i rozwoju [3].

Efektym tego etapu jest stworzenie jednej lub kilku koncepcji, które w największym stopniu spełniają wszystkie wyszczególnione wcześniej wymagania.

Na etapie opracowywania projektu szczegółowego powinno się uwzględnić: poprawę efektywności przez minimalizowanie zużycia materiałów, wykorzystanie materiałów o niewielkiej szkodliwości dla środowiska naturalnego bądź użycie surowców odnawialnych, redukcję zużycia energii lub wykorzystanie energii pozyskiwanej z zasobów odnawialnych.

Podczas przeprowadzania badań nad prototypem sprawdza się szczegółowo projekt pod kątem wymagań środowiskowych. Na tym etapie można wykonać badania uwzględniające właściwości materiałów, odporność na zużycie, jakość, funkcjonalność oraz czas zużycia.

Wraz z wprowadzeniem wyrobu na rynek przygotowane muszą być odpowiednie informacje dla przyszłych konsumentów. Zawierać muszą one dane dotyczące możliwości zminimalizowania negatywnego wpływu wyrobu na środowisko w czasie jego eksploatacji, znaczenia recyklingu, postępowania z wyrobem po zakończeniu jego użytkowania. Z rynku natomiast pobiera się opinie klientów, które wykorzystane zostaną do udoskonalenia przyszłych wersji produktu [3].

4. Decyzje w procesie projektowania wyrobów AGD

Projektowanie nowych wyrobów AGD [7] przebiega według ściśle określonej procedury. Aby zidentyfikować najlepszy i najlepiej rokujący pomysł na nowy wyrób, prowadzone są badania nad kierunkiem rozwoju produktów w branży AGD. W tym celu analizuje się tendencje rozwoju na rynku, obserwuje się poczynania konkurencji oraz śledzi rozwój nowych technologii. W momencie, gdy dostrzeżona zostanie nisza rynkowa, sprecyzowane zostać muszą dokładnie potrzeby i wymagania konsumenta związane z nowym produktem. W przypadku, kiedy specjaliści dostrzegą poczynania konkurencji odbiegające od ich własnych, ale zarazem takie, które znalazły uznanie u konsumentów, starają się je dokładnie określić oraz w miarę możliwości spróbować wdrożyć w firmie. Z kolei w sytuacji, gdy w wyniku rozwoju nauki opracowana zostanie nowa technologia, firma może spróbować wdrożyć ją do produkcji swoich wyrobów.

Pierwszą część procedury projektowania nowego wyrobu to projektowanie konstrukcyjne (Rys. 1). Możemy w nim wyróżnić: opracowanie koncepcji wyrobu, określenie parametrów nowego wyrobu, powołanie zespołu roboczego, akceptacja przez zespół koncepcji wyrobu, ustalenie harmonogramu realizacji projektu oraz przeprowadzenie prac konstrukcyjnych. Na etapie koncepcji nowego wyrobu ustala się: jaką funkcję ma spełniać nowy produkt, uwzględniając wymagania konsumentów, przeznaczenie wyrobu – ustalenie docelowej grupy odbiorców, warunki pracy (stan naprężeń wynikający ze sposobu obciążenia urządzenia, temperatura i inne), kształt i wymiary wyrobu oraz materiał.

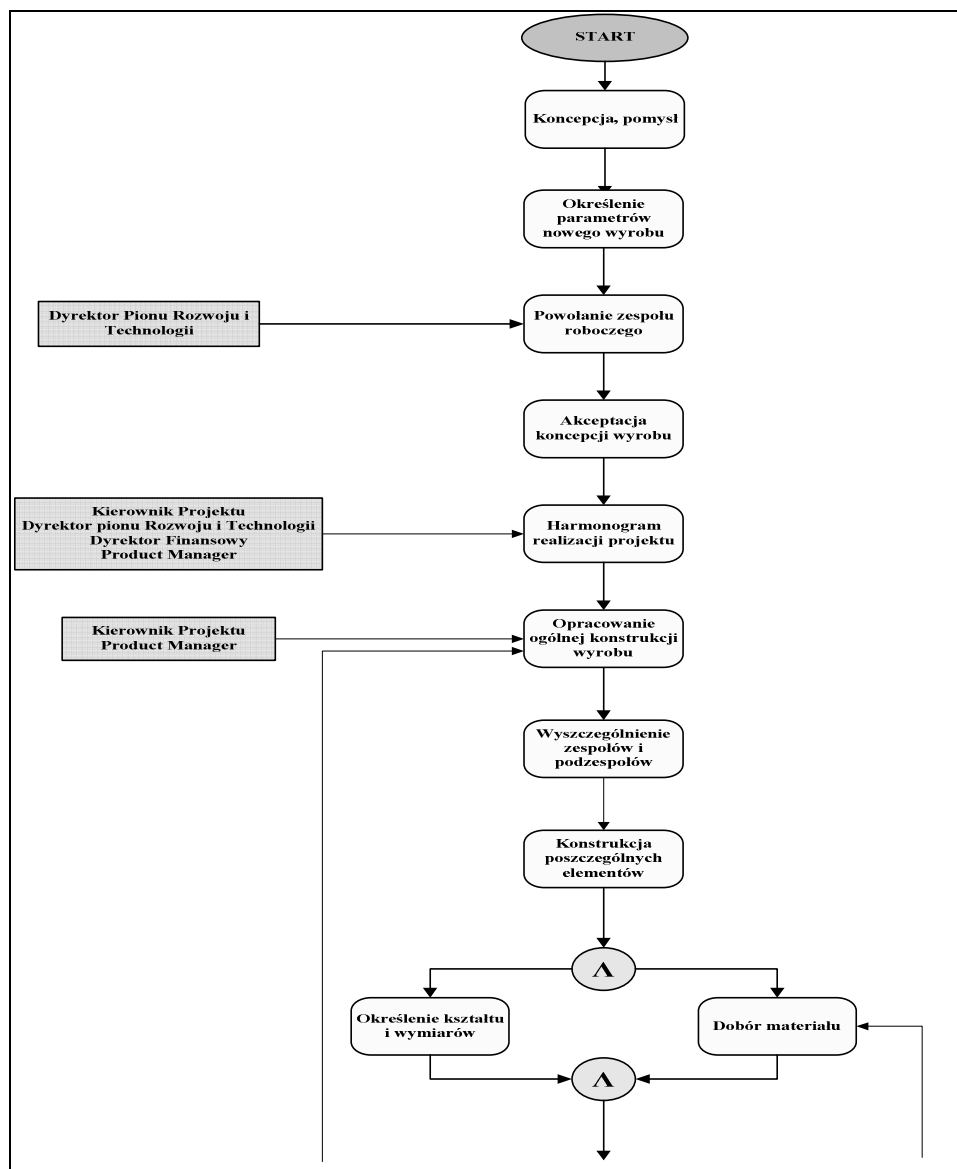
W fazie koncepcji podjęte zostają zatem decyzje jaki wyrób powinien być wyprodukowany, jakie powinny być jego parametry użytkowe, jakimi metodami powinien być wyprodukowany, jak powinien wyglądać oraz z jakich materiałów powinien być wykonany.

Powołany zostaje zespół roboczy, składający się z mechaników, elektryków, elektroników oraz informatyków, którzy ustalają, czy określone wymagania możliwe są do osiągnięcia w warunkach firmy produkującej wyrób AGD. W przypadku pozytywnego rozpatrzenia pomysłu, projekt zostaje zaakceptowany jako wykonalny.

Kolejnym krokiem jest opracowanie harmonogramu realizacji projektu. W tym momencie określone zostają koszty potrzebne do realizacji projektu oraz terminy niezbędne do wykonania działań związanych z przeprowadzeniem całego procesu projektowego. Projekt powinien być opłacalny, a termin jego przeprowadzenia możliwie najkrótszy. Gdy zostaną określone koszt projektu oraz czas jego realizacji, projekt zostaje wpisany do kalendarza na najbliższy okres planistyczny. Od tego momentu nadzór nad realizacją projektu powierzony zostaje Kierownikowi Projektu. Jest on odpowiedzialny za powołanie grupy specjalistów, którzy zajmą się opracowaniem projektu technicznego.

Grupa konstruktorów pracuje nad stworzeniem ogólnego zarysu nowego wyrobu. Na początku ustalić należy ogólny schemat projektowanego urządzenia, biorąc pod uwagę wymagania wyszczególnione na etapie koncepcji. Następnie konstruktorzy decydują, jakie

zespoły i podzespoły musi zawierać w swojej budowie urządzenie, aby można było zapewnić odpowiednią funkcjonalność projektowanego wyrobu.



Rys. 1. Projektowanie konstrukcyjne wyrobów AGD

Wiadomo, że np. pralka zbudowana jest z obudowy, wewnątrz której umieszczony jest zespół piorący (składający się z kolei z podzespołu bębna oraz podzespołu wanny), układ zasilający, układ sterujący itp. Do zadań konstruktora należy podjęcie decyzji dotyczących parametrów wyrobu (pojemności bębna piorącego, klasy energetycznej, mocy grzałki, poborze wody, prędkości wirowania itd.).

W zależności od grupy, do której należy gotowy wyrób, dobrać należy materiały o odpowiedniej wytrzymałości. Jak łatwo można wywnioskować, odpowiednio w miarę wzrostu zakresu obrotów projektowanej pralki, konieczne jest zastosowanie materiałów o lepszych parametrach wytrzymałościowych.

Konstruktorzy wyszczególniają dla każdego z podzespołów konkretne elementy, wchodzące w jego skład. Następnie, we współpracy z technologami, dla każdego detalu ustalają dokładny kształt, wymiar, materiał, z którego ma on być wykonany oraz technologię wytwarzania. Dobór właściwego materiału wraz z odpowiednim procesem technologicznym, pozwalającym uzyskać żądane kształty i wymiary, ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia możliwie największej trwałości produktu. Do podstawowych czynników decydujących o doborze materiału zaliczyć można: własności mechaniczne, kształt półfabrykatu, odporność na korozję i degradację oraz względy estetyczne.

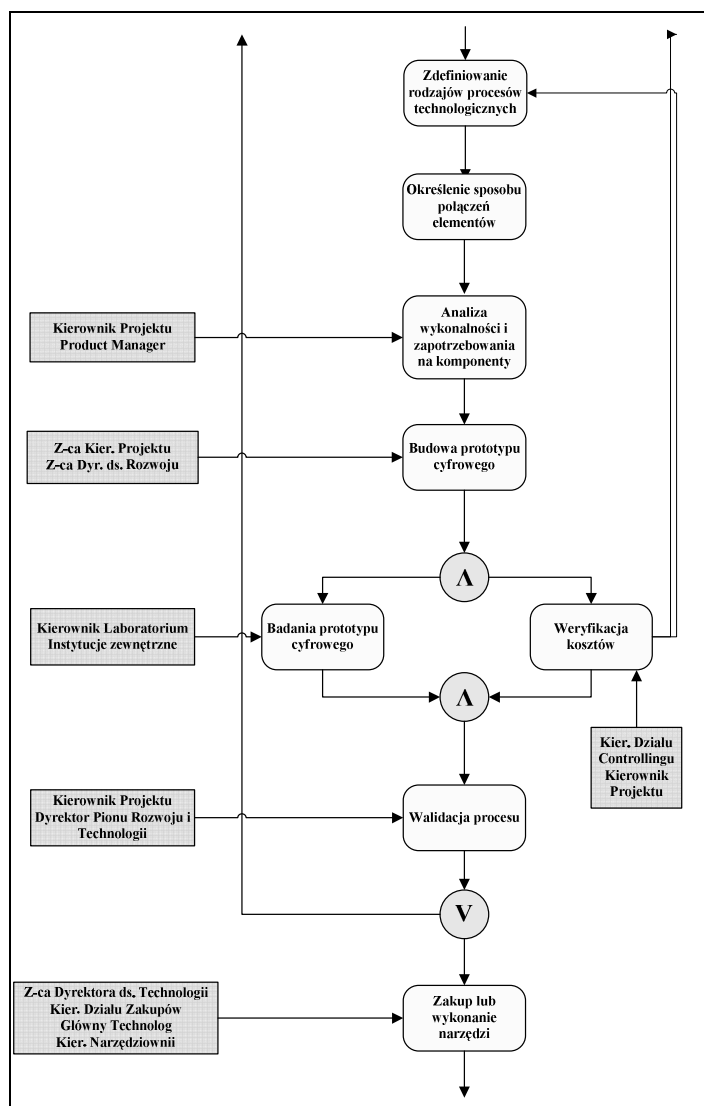
Dobór materiału odbywa się w czterech kolejno po sobie następujących stadiach. Pierwszym z nich jest określenie, czy element wytwarzany ma być ze stopów stali, z tworzyw sztucznych, materiałów ceramicznych czy materiałów kompozytowych. Kolejnym etapem jest określenie metody kształtowania konkretnego elementu, przykładowo czy element z tworzywa sztucznego należy do grupy tworzyw termoplastycznych, czy też termoutwardzalnych. Trzecim z kolei stadium jest ograniczenie wyboru do ściśle określonej kategorii materiałów, na przykład w przypadku stopów metali określa się, czy element wykonany ma zostać ze stali konstrukcyjnej stopowej do ulepszania cieplnego, stali żarowytrzymałej lub stopu aluminium. Ostatnim etapem jest dobór konkretnego materiału wraz z podaniem jego oznaczenia.

Każdy określony kształt elementu narzuca wymagania dotyczące materiału, wynikające z występowania naprężeń wywołanych obciążeniem elementu i wytrzymałością materiału. Zależności pomiędzy kształtem elementu, a cechami materiału mogą być określane metodami deterministycznymi lub probabilistycznymi. W metodzie deterministycznej, do obliczeń przyjmuje się średnie wartości naprężeń, wymiarów i wytrzymałości i na podstawie wyników oblicza się oczekiwaną zmienność tych parametrów, przy uwzględnieniu odpowiednich współczynników bezpieczeństwa. Przy podejściu probabilistycznym, poszczególnym parametrom przypisuje się odpowiedni rozkład zmienności. Korzystając z dopuszczalnego marginesu bezpieczeństwa wyznacza się dopuszczalną wartość przekrojów elementów bądź minimalną wytrzymałość.

Po ustaleniu kształtu i wymiarów poszczególnych elementów wchodzących w skład podzespołów, konieczne jest uwzględnienie warunków połączenia poszczególnych części. Niezbędne jest ustalenie tolerancji i pasowań elementów współpracujących ze sobą, a także ustalenie sposobu połączeń pozostałych elementów. Tutaj podjęta zostaje decyzja, czy zastosować należy połączenie rozłączne czy też stałe oraz sprecyzować dokładnie sposób mocowania. Dąży się do maksymalnego zastosowania połączeń rozłącznych, przede wszystkim śrubowych, co pozwoli w przyszłości na łatwe serwisowanie urządzenia oraz prosty demontaż po wycofaniu wyrobu z użycia.

Kolejnym etapem prowadzenia procesu projektowego jest analiza wykonalności projektowanego wyrobu - projektowanie technologiczne (Rys. 2). Ustalić należy, czy założenia zawarte w projekcie technologicznym możliwe są do osiągnięcia przy wykorzystaniu posiadanych w zakładzie maszyn i urządzeń. Określić należy, czy firma jest w stanie wyprodukować wyrób o określonych wymaganiach oraz jakie środki potrzebne byłyby do realizacji procesu produkcyjnego nowego wyrobu.

W momencie, gdy wszelkie wymagania zaakceptowane zostaną jako wykonalne, następuje opracowanie cyfrowego prototypu wyrobu.



Rys. 2. Projektowanie technologiczne wyrobu AGD

Grupa konstruktorów opracowuje model wyrobu przy użyciu programów komputerowych. Twórcy projektu podzieleni zostają na podgrupy, w których opracowywane są modele cyfrowe poszczególnych podzespołów. Osobna grupa projektantów ma za zadanie stworzenie prototypu cyfrowego obudowy pralki, czyli elementu, który odpowiada za walory estetyczne projektowanego wyrobu. Końcowym etapem tworzenia prototypu jest scalenie podzespołów w całość poprzez dodanie brakujących elementów.

Równoległe z pracami konstruktorów, grupa elektryków pracuje nad stworzeniem całego układu elektrycznego, zapewniającego sprawne połączenie podzespołów oraz grupa informatyków, opracowująca sterowanie całego urządzenia.

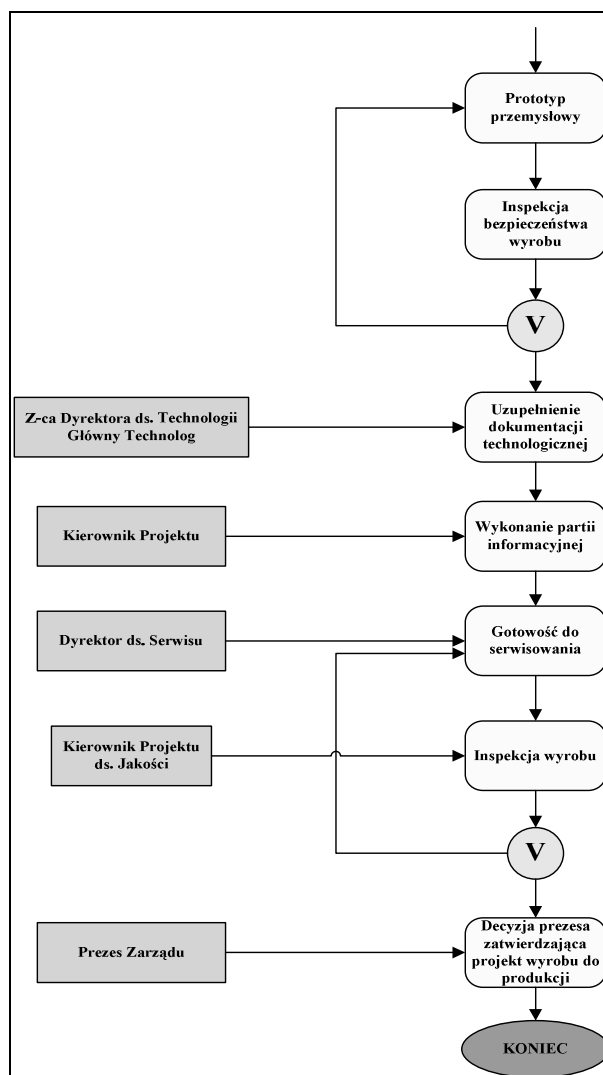
Gotowy prototyp poddany zostaje szeregowi badań przy wykorzystaniu wirtualnych symulacji. Bada się przede wszystkim wpływ karbu i koncentracji naprężeń, jako czynników podnoszących wrażliwość urządzeń na uszkodzenia. Warunki takie jak obciążenia cykliczne, praca w wysokiej lub niskiej temperaturze, obecność czynników powodujących korozję (m.in. wody) oraz pęknięcia w wyniku korozji naprężeniowej stanowią szczególne zagrożenia uszkodzenia urządzeń. Badania te są szczególnie ważne ze względu na fakt, iż większość uszkodzeń spowodowanych zmęczeniem materiału powstaje w wyniku błędów w konstrukcji elementów. Badania prowadzi się również pod kątem konsekwencji ewentualnych awarii urządzeń. Nie można dopuścić do uszkodzenia elementu, które mogłoby spowodować bezpośrednie zagrożenie życia lub uszkodzenie ciała użytkownika. Jeżeli okaże się, że prototyp nie spełnia oczekiwań, konieczne jest wprowadzenie zmian w projekcie technicznym. Elementy, będące źródłem potencjalnych zagrożeń, należy ponownie rozpatrzyć pod kątem konstrukcyjno-technologicznym. Okazać się może, że konieczna jest zmiana założeń projektu bądź też należy wprowadzić zmiany w prototypie wyrobu.

Równoległe z badaniami prototypu sprawdza się, czy koszty projektu nie przekroczyły założonych w harmonogramie nakładów. Jeżeli okaże się, że koszty nowego urządzenia mogą być zbyt duże, należy sprawdzić, gdzie możliwe jest ograniczenie nakładów. Rachunek kosztów zawsze poprzedza zakup istotnego wyposażenia technologicznego. Koszty stanowią jedno z podstawowych kryteriów, względem których oceniane są zalety produktu. W każdym przypadku, gdy istnieje wybór pomiędzy materiałami czy też procesami produkcyjnymi, zapewniającymi takie same własności funkcjonalne wyrobu, wybiera się rozwiązanie o mniejszych kosztach.

Gdy zarówno wyniki badań symulacji, jak i weryfikacji kosztów okażą się zadowalające, podjęta zostaje decyzja o produkcji prototypu przemysłowego (Rys. 3). Zakupione zostają narzędzia, które są niezbędne do wyprodukowania próbnego wyrobu, a nie były dotąd wykorzystywane w firmie. Rozpoczyna się proces produkcji prototypu. Prototyp przemysłowy umożliwia przeprowadzenie wszelkich badań związanych ze sprawdzeniem bezpieczeństwa produktu. Jeżeli inspekcja przebiegnie negatywnie, wprowadzane są zmiany w prototypie aż do momentu uzyskania zadowalających rezultatów. Prototyp praktycznie spełniający wymogi bezpieczeństwa zostaje przekazany do działu technologii w celu uzupełnienia dokumentacji technologicznej o wyniki uzyskane na etapie badań prototypu przemysłowego.

Na podstawie dokumentacji produkowana jest w kolejnym etapie tzw. partia informacyjna. Jest to partia pięciu wyrobów, które zostają wyprodukowane na linii produkcyjnej, wykorzystywanej w przyszłości do wytwarzania tego typu wyrobów. Dokładnie nadzorowane są wszystkie etapy produkcji partii informacyjnej w celu zlokalizowania przeszkód, błędów czy usterek. Jeżeli zlokalizowana zostanie jakakolwiek niezgodność lub zakłócenie, muszą one zostać usunięte. W celu zbadania skuteczności wprowadzania poprawek wyprodukowana zostaje kolejna partia informacyjna. Czynność ta wykonywana jest tak długo, jak długo występują nieprawidłowości. W momencie, gdy usunięte zostaną wszystkie błędy, zatwierdza się gotowość wyrobu do serwisowania, sprawdza się zgodność wyrobu z wymaganiami standardów ISO oraz innych norm czy dyrektyw.

Ostatnim etapem procesu projektowania nowego wyrobu jest przekazanie kompletnej dokumentacji do Zarządu firmy, który decyduje ostatecznie o możliwości rozpoczęcia produkcji wyrobu.



Rys. 3. Wykonanie prototypu przemysłowego oraz partii informacyjnej wyrobu

5. Wnioski

Wyroby AGD należą do grupy wyrobów mechatronicznych, które zawierają w swojej budowie elementy mechaniki, automatyki oraz informatyki. Odpowiedni podział zadań procesu projektowego pomiędzy specjalistów z zakresu mechaniki, informatyki oraz automatyki pozwala na uzyskanie nowoczesnego, w pełni wyspecjalizowanego urządzenia, przy jednoczesnym zachowaniu możliwie krótkiego czasu procesu projektowego.

Projektant odpowiedzialny jest za znalezienie rozwiązania problemu projektowego, zgodnie z założeniami sprecyzowanymi na etapie przyjętej koncepcji wyrobu. W przypadku urządzeń AGD, projekt nowego wyrobu może dotyczyć zastosowania nowych materiałów, zmiany gabarytów i wyglądu zewnętrznego projektowanego urządzenia,

zastosowania nowych technologii prowadzących do zmniejszenia poboru prądu czy zużycia wody i innych. Decyzje podejmowane przez projektantów we wczesnych etapach procesu projektowego związane są z określeniem wymagań stawianych projektowanemu urządzeniu. Najważniejsze decyzje podejmowane przez projektanta w kolejnych etapach procesu projektowego dotyczą doboru materiału poszczególnych elementów. Ustalenie zależności pomiędzy strukturą wyrobu, procesem technologicznym i własnościami użytkowymi ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia największej trwałości produktu przy najniższych kosztach.

Ważny jest dobór jak najlepszego sposobu połączenia elementów, wchodzących w skład urządzenia tak, aby połączenia zapewniały odpowiednią sztywność oraz miały jak największą trwałość, zapewniającą bezawaryjną pracę urządzeń.

Ze względu na szczególny charakter wyrobów AGD, konieczne jest proekologiczne podejście do problemu projektowania. Wyroby AGD, takie jak pralki czy lodówki, posiadają w swojej budowie materiały, które w momencie wycofania wyrobów z użycia mogą mieć szkodliwy wpływ na środowisko. Dlatego już na etapie projektowania należy zadbać o to, aby wyroby te wykonane były w sposób gwarantujący możliwie najmniejszą szkodliwość dla środowiska w momencie wycofania ich z użycia.

Literatura

1. Bąbiński C.: Inżynieria projektowania przemysłowego, WNT, Warszawa, 1964.
2. Ellis D.O.: Systems Philosophy, Englewood Cliffs N.J. Prentice-Hall, 1962.
3. Karwasz A., Stachura M., Ekoprojektowanie w praktyce, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2007.
4. Krick E.V.: Wprowadzenie do techniki i projektowania technicznego, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1975.
5. Mańkowska M., Wach A.K.: Zasady proekologicznego projektowania wyrobów elektronicznych, Materiały I Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej Ekologia w elektronice, Warszawa, 2000.
6. PKN-ISO/TR 14062: Zarządzanie środowiskowe. Włączanie aspektów środowiskowych do projektanta i rozwoju wyrobów, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2004.
7. Seemann A.: Analiza decyzji podejmowanych przez projektanta w poszczególnych etapach procesu projektowego wyrobów AGD, praca dyplomowa, promotor Zenobia Weiss, Politechnika Poznańska, 2008.

Prof. dr hab. inż. Zenobia WEISS
Dr inż. Ewa DOSTATNI
Zakład Zarządzania Produkcją
Instytut Technologii Mechanicznej
Politechnika Poznańska
60-965 Poznań
ul. Piotrowo 3
tel.: (0-61) 6652731, fax: (061) 6652774
e-mail: zenobia.weiss@put.poznan.pl
ewa.dostatni@put.poznan.pl