

# WSPÓLCZESNY TRIZ - ANALIZA FUNKCJONALNA I TRIMMING

Anna BORATYŃSKA-SALA

**Streszczenie:** W artykule omówiono stosunkowo młode narzędzie Teorii Rozwoju Innowacyjnych Zadań (TRIZ) - analizę funkcjonalną wraz z trimmingiem. Jest to bardzo efektywne narzędzie, pozwalające na uproszczenie danego systemu technicznego poprzez usuwanie jego nieefektywnych lub zbyt drogiego komponentów. Jest to też świetne narzędzie omijania zastrzeżeń patentów.

**Słowa kluczowe:** TRIZ, trimming, analiza funkcjonalna

## Wstęp

Amerykańska i rosyjska kultura różnią się w wielu obszarach, w tym w obszarze oczekiwań projektantów i inżynierów. Amerykańscy projektanci domagają się dobrych rezultatów szybko. Chcą uczyć się, jak wdrażać TRIZ najszybciej jak można i wolą rozwiązywać rzeczywiste problemy podczas nauki TRIZ. Podejście do nauczania na rzeczywistych, aktualnych problemach, zwane „szkoleniem doświadczalnym” zostało uznane przez specjalistów za bardzo skuteczne w setkach amerykańskich korporacji w ciągu ostatnich dziesięciu lat. Rosyjskie przeświadczenie o tym, że aby stać się ekspertem TRIZ, trzeba studiować kilka lat, jest nie do przyjęcia dla amerykańskich projektantów i amerykańskich korporacji, ponieważ działają one na rynku intensywnej, globalnej konkurencji i starają się znacznie skrócić czas wprowadzania nowych produktów na rynek [2].

Wymagania amerykańskie stanowią prawdziwe wyzwanie dla organizacji szkoleniowych i konsultantów TRIZ. Różnicą nie może być: „amerykańskie” kontra „rosyjskie”. Może to być różnica pomiędzy użytkownikami TRIZ z przemysłu, którzy chcą wielu rozwiązań szybko, a akademickimi teoretykami TRIZ, którzy preferują eleganckie, metodycznie poprawne rozwiązania wysokiej jakości.

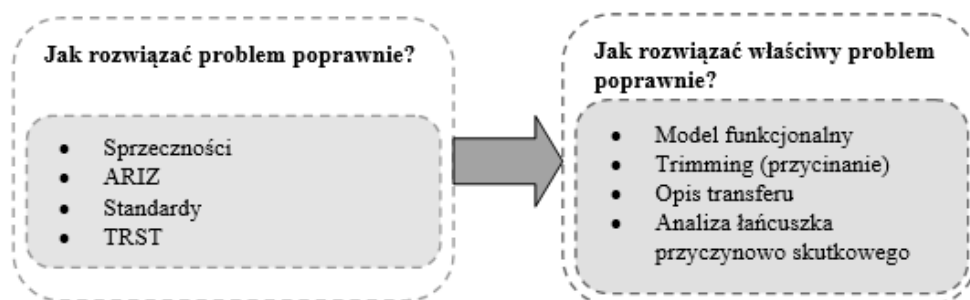
Do narzędzi TRIZ doszły nowe, jak m.in. analiza funkcjonalna, zamieszczana już w kilku algorytmach. Z kolei dalszy, wielokierunkowy rozwój TRIZ nie jest akceptowany przez teoretyków klasycznego TRIZ. Uważają oni, że należy przestrzegać „czystości” TRIZ. Z drugiej strony, inni trizowcy przełamali psychologiczną inercję TRIZ-u i zaczęli stosować analizę funkcjonalną i program komputerowy (Techoptimizer) do innowacji i do rozwiązywania bardzo skomplikowanych problemów technicznych.

Główną trudnością i paradoksem psychologicznej inercji jest to, że Ci, którzy są najbardziej świadomi jej wpływu na własne, twórcze działania, są najbardziej podatni na jej wpływ!

## 1. Kierunki rozwoju TRIZ

Rozwój TRIZ poszedł w następujących kierunkach:

1. Przeprowadzanie analizy wepolowej pełniejsze i łatwiejsze w zastosowaniu do problemów wynalazczych [3].
2. „Zamerykanizowanie” algorytmów rozwiązywania problemów, przez co stają się łatwiejsze do nauczenia się i stosowania.
3. Dalszy rozwój, tj. zastosowanie analizy funkcjonalnej i „przycinania” (trimming) w TRIZ (rys.1).
4. Tworzenie zorganizowanej techniki prognozowania zmian w metodyce stosowania TRIZ.

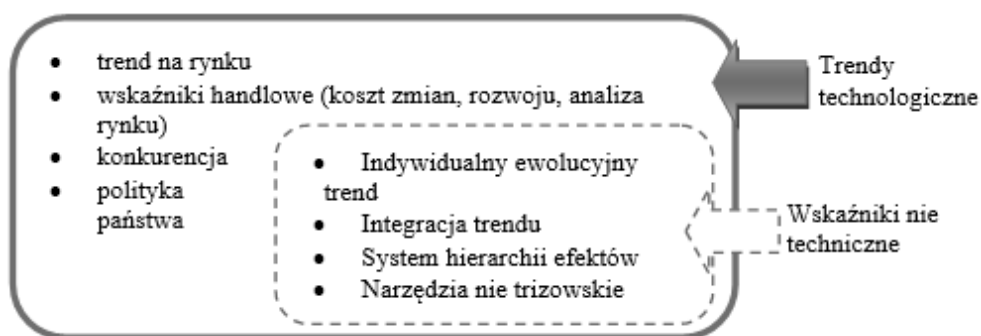


Rys. 1. Ewolucja narzędzi TRIZ [4]

## 2. System techniczny i analiza funkcjonalna

Celem inżynierskiego opracowania systemu jest zapewnienie, że suma wzajemnie powiązanych materialnych części (komponentów), przeznaczonych do podwyższenia efektywności działania człowieka (społeczeństwa) daje większy efekt niż pojedynczy komponent i jest to odpowiednia kombinacja komponentów i interakcji dająca optymalne spełnienie oczekiwań.

Od samego początku wprowadzania systemu technicznego na rynek, system zaczyna zwiększać swoją główną funkcję użytkową, jednocześnie dążąc do uproszczeń. Następnie rozwój systemu podlega ewolucji, uwarunkowanej obiektywnymi ograniczeniami: fizycznymi, ekonomicznymi, ekologicznymi [1]. Kolejny etap to uproszczenie, przy czym w rzeczywistości przydatne funkcje nabyte na wcześniejszym etapie i wykonywane przez dodatkowe podsystemy, zaczynają być realizowane przez „inteligentne” (idealne) substancje (rys 3).

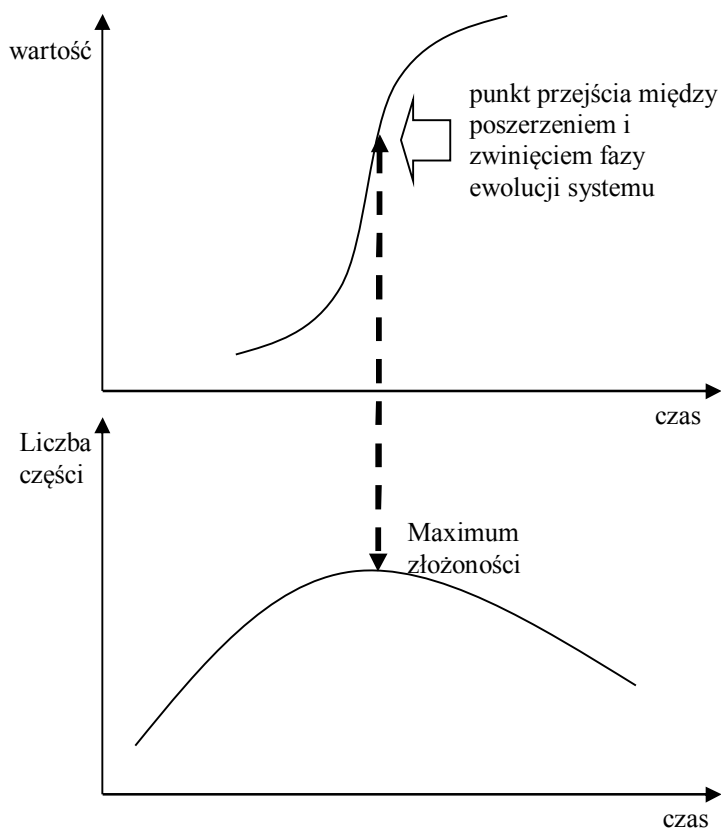


Rys. 2. Czynniki rozwoju systemów technicznych

Tą tezę sformułował D. Mann wraz z J. Sałamatowem, twierdząc, że na krzywej S-kształtnej w punkcie przegięcia następuje przejście między poszerzeniem i zwinięciem fazy ewolucji systemu technicznego (rys 2).

Krzywa S-kształtna złożoności ST może być przydatna w identyfikacji względnej dojrzałości branży. Oczywiście trend - wraz ze wszystkimi istniejącymi tendencjami trizowskiej ewolucji technologii jest tylko małą częścią, znacznie większej całości - rys 2

Strategiczne decyzje, w jaki sposób przyszłe budżety badawczo-rozwojowe powinny być rozdzielane, zależą od znacznie silniejszych trendów niż tendencje rozwoju możliwości technicznych. Złożoność trendu zapewnia jednak użyteczny techniczny ster, wskazując powstawanie sprzeczności między dążeniem do uzyskania ekstremalnych korzyści eksploatacyjnych oraz rosnących i często wygórowanych kosztów i ogólną trudnością inżynierii w osiągnięciu tych korzyści [5].



Rys. 3. Zależność rozwoju systemu wg S-kształtnej krzywej, a liczba projektowanych części systemu [7]

### 3. Analiza funkcjonalna na przykładzie odkurzacza

Analiza funkcjonalna jest analitycznym narzędziem identyfikującym funkcje, ich właściwości, koszty systemu, komponentów nadsystemu i podsystemu. Składa się z kilku etapów:

1. Analiza komponentów (identyfikacja komponentów systemu technicznego: podsystemu i jego nadsystemu).
2. Analiza interakcji (identyfikacja interakcji między komponentami).
3. Modelowanie funkcji (identyfikacja i ocena funkcji realizowanych przez komponenty).

W ujęciu nomenklatury TRIZ komponentem nazywany jest:

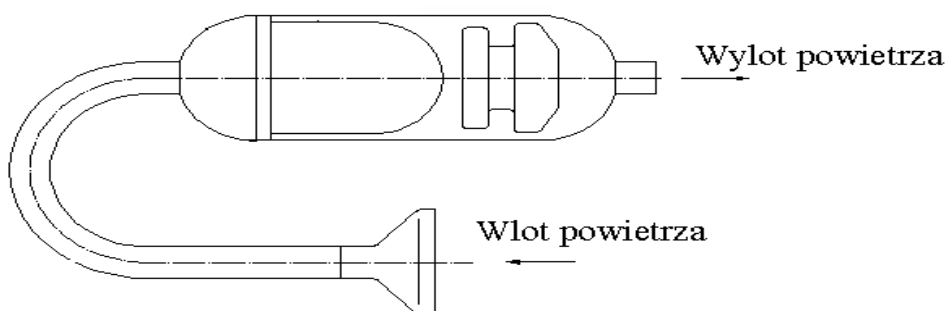
- Obiekt, który stanowi część ST lub nadsystemu,
- Obiekt składający się z substancji i / lub pól,

przy czym:

- substancja, to obiekt o masie spoczynkowej (czyli np. samochód, szczoteczka do zębów)
- pole, to obiekt bez masy spoczynkowej, które przenosi oddziaływanie między substancjami (np. pole elektryczne, pole akustyczne)

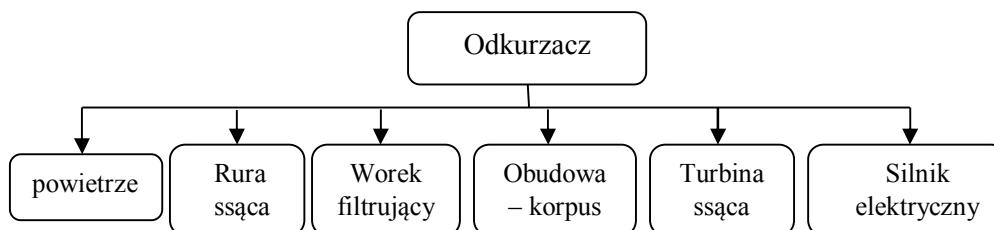
### 3.1. Analiza komponentów

Pierwszym krokiem w analizie funkcjonalnej jest przeprowadzenie analizy komponentów rozumianej jako procedura wstępnej identyfikacji problemu. Pokazano to na przykładzie „klasycznego” odkurzacza (rys 4):



Rys. 4. Budowa odkurzacza w dużym uproszczeniu

Komponenty odkurzacza (rys 5):



Rys. 5. Analiza komponentów odkurzacza

Następnym krokiem jest zestawienie ww. komponentów w układzie tabelarycznym

celem identyfikacji interakcji pomiędzy nimi.

Analiza interakcji to część analizy funkcjonalnej, stosuje się ją do identyfikacji wzajemnego oddziaływania komponentów systemu technicznego ze sobą i ze składnikami nadsystemu [6].

### 3.2. Zestawienie interakcji komponentów

W tabeli 1 oznaczono znakiem „+” bezpośredni kontakt komponentów, a znakiem „-” brak takiego kontaktu (Tab. 1):

Tab. 1 Interakcje pomiędzy komponentami (opracowanie własne)

	Powietrze	Rura ssąca	Worek filtrujący	Obudowa - korpus	Turbina ssąca	Silnik elektryczny
Powietrze		+	+	+	+	+
Rura ssąca	+		-	+	-	-
Worek filtrujący	+	-		+	-	-
Obudowa - korpus	-	+	+		+	+
Turbina ssąca	+	-	-	+		+
Silnik elektryczny	-	-	-	+	+	

Analizę funkcjonalną wykonuje się dla ujawnienia konkretnych funkcji, jakie są realizowane przez poszczególne komponenty Systemu Technicznego (ST), oceny ich efektywności i wartości względnej dla całego systemu, jakości realizacji funkcji i poziomu kosztów. W rezultacie takiej analizy buduje się model funkcjonalny, zwykle w formie tablicy lub schematu, w którym dla każdego komponentu ST wylicza się wszystkie wypełniane funkcje (tak korzystne jak i niekorzystne) i ilościowo, z pomocą 10-punktowej skali ocenia się stopień ważności każdej funkcji dla całego systemu, a także jej uogólniony koszt (wyrażony w złotych lub pracochłonności).

Stopień ważności funkcji dla ST nazywamy rangą funkcji. Rangę określa się wg obiektu na który funkcja jest skierowana. Najważniejsze są funkcje skierowane na obiekt wykonujący główną funkcję użyteczną systemu i to one posiadają rangę podstawową. Funkcje skierowane na pozostałe komponenty ST mają rangę funkcji wspomagających. Wspomagające funkcje ocenia się wg stopnia ważności: funkcja której obiekt realizuje podstawową funkcję użytkową ST - ma rangę 1, funkcja, której obiekt nie realizuje głównej

funkcji użytkowej ST ma rangę 2 itd. Funkcje skierowane na obiekty nadsystemu (nie obiekt głównej funkcji użytkowej ST) mają rangę funkcji uzupełniających.

Zestawienie funkcji, rang i ocena efektywności działania poszczególnych komponentów organizuje wiedzę na temat produktu. Poniższą tabelę nr 2 można dodatkowo uzupełnić o wyrażone w wartościach pieniężnych lub pracochłonności uogólnionej, koszty realizacji poszczególnych funkcji.

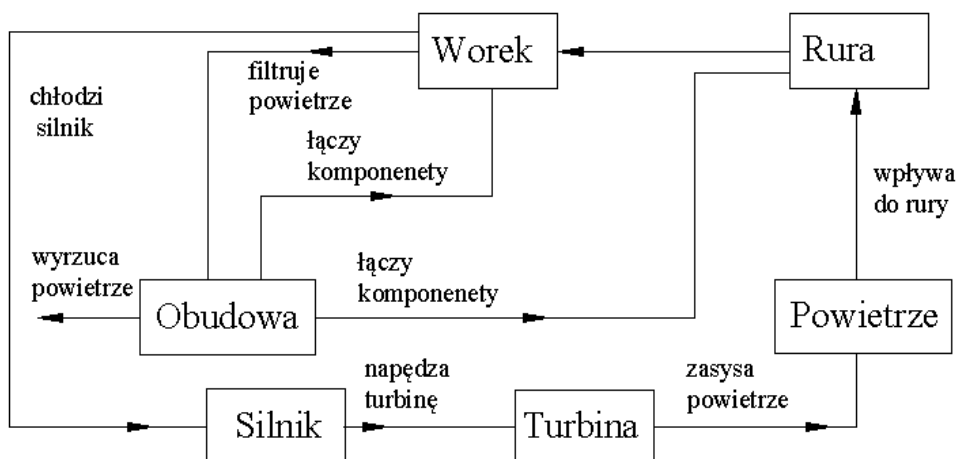
Tab. 2 Zestawienie funkcji (opracowanie własne)

<b>FUNKCJONALNY MODEL ODKURZACZA KLASYCZNEGO</b>		
<b>FUNKCJA</b>	<b>RANGA</b>	<b>POZIOM EFEKTYWNOŚCI</b>
<b>Powietrze</b>		
Transportuje kurz	1	Dostateczny
Chłodzi silnik	2	Dostateczny
<b>Rura ssąca</b>		
Prowadzi strumień powietrza	Pozytywna	Dostateczny
<b>Worek filtrujący</b>		
Separuje kurz od powietrza	1	Niedostateczny
Zabezpiecza silnik przed zapyleniem	1	Niedostateczny
Przepuszcza drobne frakcje pyłu	1	Niedostateczny
<b>Obudowa - korpus</b>		
Łączy wszystkie komponenty	1	Dostateczny
<b>Turbina</b>		
Wytwarza strumień powietrza	1	Dostateczny
<b>Silnik elektryczny</b>		
Napędza turbinę	1	Dostateczny

#### 4. Trimming

Trimming inaczej przycinanie, jest narzędziem analitycznym służącym do usuwania - przycinania niektórych komponentów i przeniesienia ich użytecznej funkcji na pozostałe

elementy systemu lub nadsystemu. W celu wykonania trimmingu odkurzacza – zobrazowano graficznie jego model funkcjonalny (rys. 6).



Rys. 6 Model funkcjonalno strukturalny odkurzacza

W trimmingu można zatem kierować się kosztem funkcji i jej efektywnością. Dla podjęcia decyzji o „obcięciu” jakiegoś komponentu niezbędny jest schemat funkcjonalny pokazujący plastycznie zależności funkcyjne poszczególnych komponentów i ich powiązania.

Powyższy schemat - dla jasności, bardzo prostego urządzenia – odczytuje się następująco: silnik napędza turbinę powietrzną, która zasysa powietrze z otoczenia z pomocą giętkiej rury, pozwalającej kierować położeniem końcówki ssawnej. Powietrze przechodzi przez worek filtrujący i następnie - po drodze” chłodząc silnik, jest wyrzucane przez otwór w obudowie do otoczenia.

Decyzje o eliminacji komponentu (trimmingu) podejmuje się w oparciu o analizę uogólnionych kosztów (przede wszystkim dąży się do obniżenia kosztu wyrobu) i ujawnienia tzw., niepożądanych efektów.

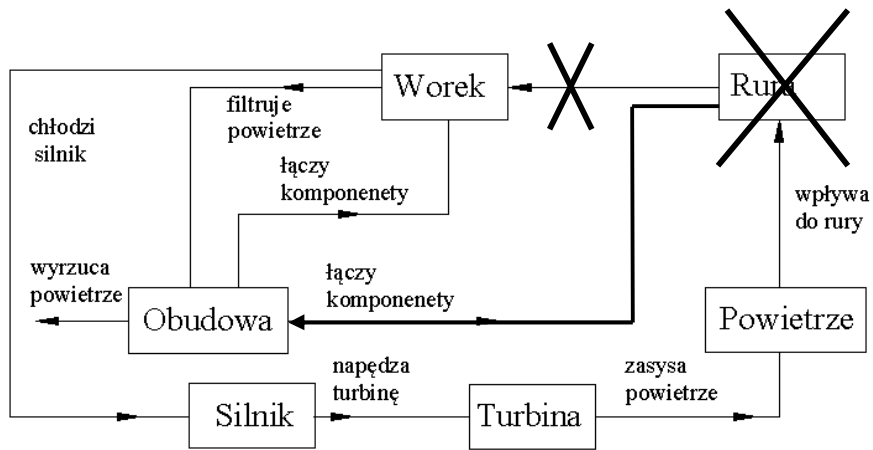
#### 4.1. Trimming dla odkurzacza

Jeżeli w analizie ujawniono komponent, który źle wykonuje swoją funkcję, to można dokonać trimmingu, ale jeśli w strukturze ST nie mamy komponentu zdolnego do pełnienia potrzebnej funkcji to wprowadzamy w miejsce „obciętego” komponentu – nowy, o innych właściwościach użytkowych (rys. 7).

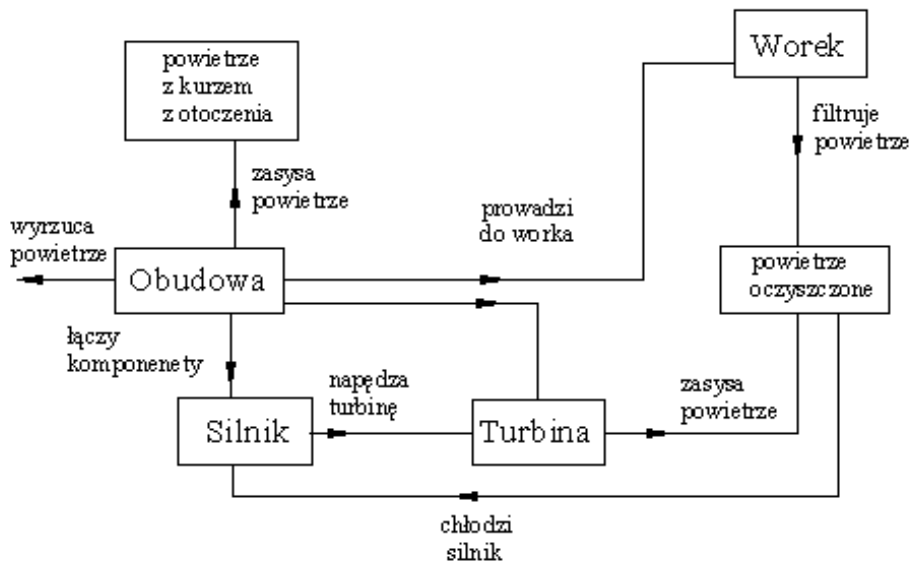
Trimming dla odkurzacza przeprowadzono dwuetapowo: trimming rury oraz trimming worka filtrującego.

##### 4.1.1. Trimming giętkiej rury w odkurzaczu

Na podstawie modelu funkcjonalno strukturalnego (rys. 6) usunięto komponent „rura” Teraz funkcję rury musi przejąć inny komponent (rys 8). Na rynku pojawiły się już takie odkurzacze, gdzie właśnie ta funkcje przejął korpus odkurzacza. Na rysunku 9 przedstawiono przykłady takich odkurzaczy (rys 9):



Rys. 7. Trimming rury



Rys. 8. Schemat strukturalny po wyeliminowaniu komponentu rury giętkiej

#### 4.1.2. Trimming worka filtrującego w odkurzaczu

W przypadku klasycznego odkurzacza niepożądanym efektem było wydobywanie się drobnych frakcji kurzu po przejściu ich przez worek i wyrzucanie ich do otoczenia. Zachodziła tu więc typowa fizyczna sprzeczność, którą w metodyce TRIZ definiuje się następująco (tab. 3):

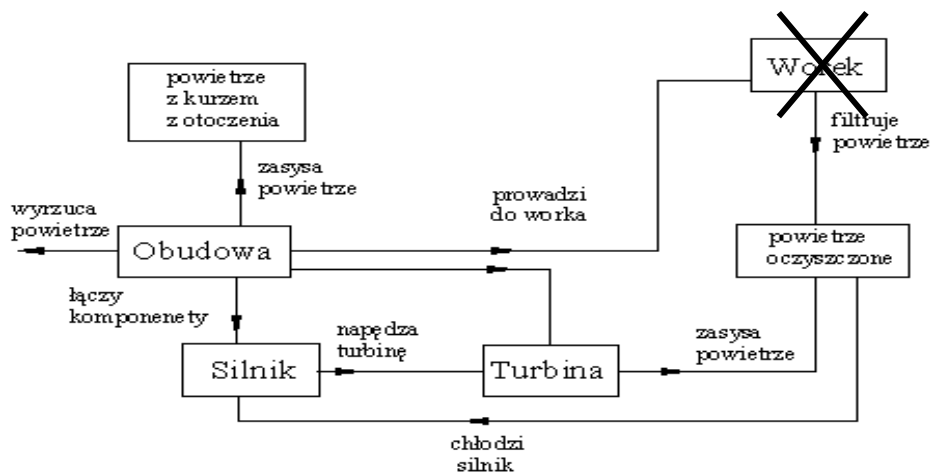




Rys. 9. Nowe typy odkurzacza po usunięciu komponentu rura

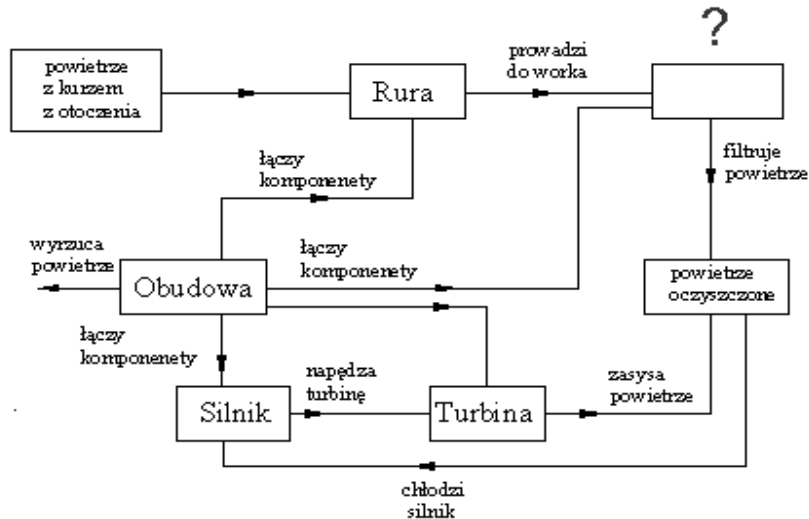
Tab. 3. Formułowanie sprzeczności

<b>JEŻELI</b>	worek będzie gęsto tkany
<b>TO</b>	zatrzyma drobne frakcje
<b>ALE</b>	nie zapewni mocnego „ciągu”



Rys. 10 Trimming worka filtrującego

Po wycięciu komponentu: „worek filtrujący” powstaje luka, nie do zastąpienia przez żaden z pozostałych komponentów (rys 10). W zadaniu zatem usunięto worek:



Rys 11 Trimming worka

Decyzja w duchu trimmingu oznaczałaby odrzucenie worka, ponieważ (rys 11):

- nie spełnia dokładnie swojej funkcji,
- per saldo jest komponentem drogim: w czasie „technicznego życia” odkurzacza trzeba wymienić dużą ilość worków.

Funkcję separacji kurzu od powietrza można więc przekazać...powietrzu!

Wykorzystano bazę efektów fizycznych do znalezienia rozwiązania problemu.

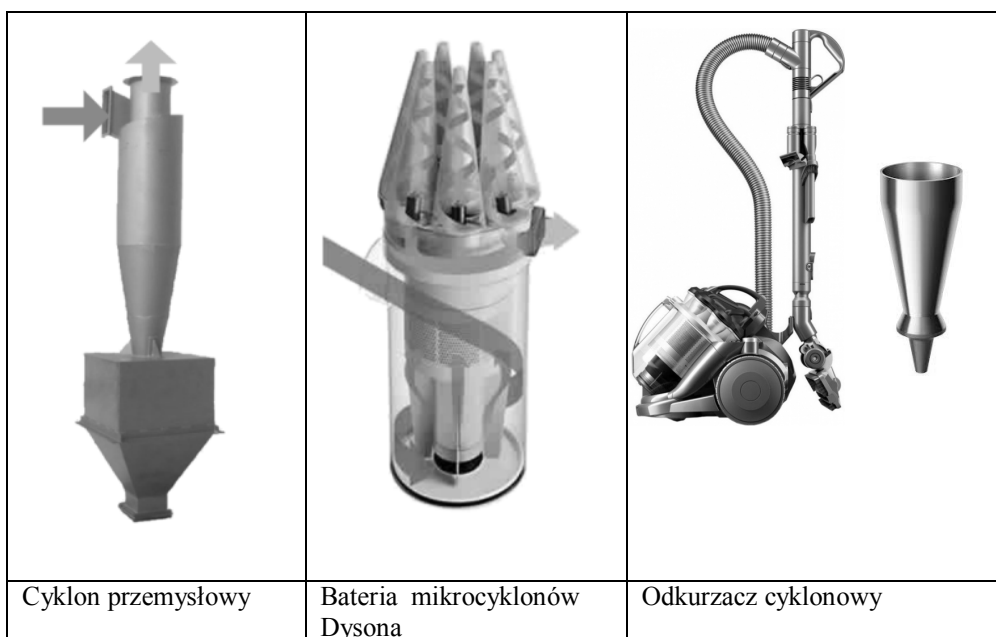
### Efekty fizyczne

#### 1.1.2. Siły odśrodkowe, znajdujemy opis efektu:

Siła odśrodkowa inercji powstaje, gdy ciało pod działaniem przyspieszenia dośrodkowego zmienia kierunek swojego ruchu zachowując energię kinetyczną. Ta siła działa zawsze w kierunku promieniowym od środka na zewnątrz.

Mamy tu zatem do czynienia ze zjawiskiem elementarnym, znanym od ponad 130 lat, odkąd istnieją cyklony przemysłowe. Siły odśrodkowe mogą oczyścić powietrze z kurzu. Potrzebny jest tu cyklon, o gabarytach dostosowanych do odkurzacza.

Ideę tę zrealizował James Dyson, konstruując swój odkurzaczy „bezworkowy”, za to wyposażony w kilka do kilkunastu miniaturowych cyklonów, dających przyspieszenie dośrodkowe sięgające 150 000g (Rys. 12).



Rys 12 Przykłady różnych cyklonów

## 5. Wnioski

Metodyka TRIZ i procedury opisywania systemów ujawniają problemy związane z wszystkimi komponentami. Przykład opisany w publikacji pokazuje, że wiele systemów technicznych, które na etapie silnego wzrostu na w duchu krzywej S-kształtnej poszerzają swoje funkcje dodatkowe, czyniąc je bardziej atrakcyjnymi – a w rezultacie na drodze dalszego rozwoju są upraszczane. W TRIZ mówi się o tak zwanym „zwijaniu systemu” To zjawisko można obserwować we wszystkich dziedzinach systemów technicznych. Analiza funkcjonalna TRIZ różni się od innych narzędzi tym, że obejmuje wszystkie negatywne, nieskuteczne lub nadmierne oddziaływania w systemie, jest to więc klucz do właściwego zrozumienia problemów i ujawnienia miejsc potencjalnego rozwiązania problemów.

Wszystkie interakcje są wyrażone jako przedmiot – działanie - obiekt przy czym należy używać prostego, jasnego języka (bez akronimów), aby móc prawidłowo zdefiniować istotę problemu.

Prawidłowe korzystanie z tego narzędzia pozwala na optymalizację konstrukcji i procesów technologicznych we wszystkich obszarach techniki.

## Literatura

1. Boratyńska-Sala A.: Forecasting of technical system evolution using TRIZ methodology. X międzynarodowa konferencja naukowo techniczna. Technologiczne Systemy Informacyjne w Inżynierii Produkcji i Kształceniu technicznym; 1-3.06.2011 Kazimierz Dolny nad Wisłą; Management and control of manufacturing processes editors: Antoni Świć, Jerzy Lipski, Politechnika Lubelska Lublin 2011

2. Boratyńska-Sala A., Krajewska J.: Innowacyjne zarządzanie firmą z wykorzystaniem TRIZ, Wałbrzyska Wyższa Szkoła Zarządzania i Przedsiębiorczości; Prace naukowe; 2013
3. Boratyńska-Sala A.: Algorytm pracy z projektami wynalazczymi, Kreatywność i przedsiębiorczość w pro jakościowym myśleniu i działaniu pod red. Elżbiety Skrzypek; tom II Lublin 2009
4. Ikoenko S.: Problem Identification Approaches in Sustainable Design, <http://www.triz-summit.ru>
5. Knosala R., Boratyńska-Sala A., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A.: Zarządzanie innowacjami, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2014
6. Kowalick J.F.: Use of Functional Analysis and Pruning, with TRIZ and ARIZ, to Solve “impossible – to – Solve” Problems. Triz-journal, 1996
7. Mann D.: Trimming Evolution Patterns for Complex Systems, <http://www.triz-journal.com/>, 2000

Dr inż. Anna BORATYŃSKA-SALA  
Katedra Inżynierii Procesów Produkcyjnych  
Politechnika Krakowska  
31-864 Kraków, Al. Jana Pawła II 37  
Tel. (0-12) 374 32 83