

## BANKI „EFEKTÓW” W TEORII I PRAKTYCE TRIZ

### Słowa kluczowe:

TRIZ, efekty fizyczne, chemiczne, geometryczne

### 1. Wstęp

Jednym z pierwszych ustaleń Henryka Altszullera, twórcy TRIZ, było odkrycie podstawowej prawidłowości w rozwoju systemów technicznych, którą sformułował następująco:

*Podstawową genezą wynalazku jest sprzeczność techniczna, do której dochodzi wtedy, gdy system rozwijając się na jednej linii rozwoju, natrafia na sprzeczne wymagania techniczne, fizyczne lub administracyjne.*

Klasycznym przykładem może być linia rozwoju silników do samolotów Spifire, które w chwili wejścia na rynek miały silnik o mocy 990 KM, a ostatnie modele z tym samym silnikiem osiągały 2070 KM mocy. Chcąc uzyskać większą moc, należałoby zbudować po prostu większy, a więc cięższy silnik. To zaś w lotnictwie oznacza konieczność zastosowania większych powierzchni nośnych, co spowoduje większy opór powietrza. Zachodzi tu sprzeczność dwóch wskaźników: mocy i ciężaru. Po przeanalizowaniu początkowo 25 000 patentów, później znacznie więcej, Altszuller odkrył zaskakujący fakt: okazało się, że wszystkie te wynalazki powstały dzięki zastosowaniu tylko ok. 40 elementarnych zasad rozwiązywania takich sprzeczności. Rozwiązanie sprzeczności prowadzi często do zasadniczych zmian systemu: w lotnictwie silniki tłokowe zostały zastąpione silnikami odrzutowymi.

Do rozwiązywania sprzeczności ujawniających się w systemie, TRIZ dysponuje wieloma narzędziami, takimi jak:

- system wskaźników, zasad wynalazczych i matryca doboru wskaźników,
- analiza wepolowa,
- system standardów,
- analiza funkcjonalna,
- analiza drzew ewolucji systemów technicznych i inne.

Narzędzia te są powszechnie znane i stosowane w największych korporacjach światowych [9]. Równolegle, na drodze rozwoju systemów trwa walka z tzw. „niepożądanymi efektami”. System może generować różne „niepożądane efekty”.

Może:

- nie osiągać założonych parametrów: mocy, obrotów, wydajności itp.
- generować zbędne zjawiska, takie jak: nadmierny hałas, dym, wibracje itp.
- zużywać za dużo środków i materiałów eksploatacyjnych, takich jak np.: paliwo, energia elektryczna itp.
- zajmować zbyt dużo miejsca w pomieszczeniu.

Przykładów takich niepożądanych efektów jest więcej. Metodyka TRIZ jest wyspecjalizowana do zwalczania takich efektów. Niepożądany efekt jest przekształcany najpierw w zadanie wynalazcze, następnie formułowany jest tak zwany Idealny Wynik Końcowy (IWK) i dalej, zadawane jest pytanie: jakie przeszkody nie pozwalają osiągnąć w 100% IWK?

Obok specyficznych dla TRIZ metod, ważnym źródłem idei wynalazczych są odkrycia naukowe; ujawnienie nieznanych dotąd faktów, zjawisk, efektów, które zwracają uwagę wynalazców na nowe kierunki działania.

Typowym przykładem jest np. zjawisko wzmocnienia światła przez wymuszoną emisję promieniowania, które doprowadziło do wynalazienia lasera. Po wykonaniu pierwszych poważniejszych prób pojawiła się cała masa wynalazków „około laserowych”. Dziś laser trafił do dziedzin tak odległych jak: cięcie kształtowe metali, dokładne pomiary warsztatowe, a także do medycyny i stał się też popularnym wskaźnikiem dla prelegentów.

Ujawnia się tu sytuacja o następującej kolejności zdarzeń:

1. naukowe odkrycie nowego, nieznanego wcześniej zjawiska,
2. próby wykorzystania tego zjawiska w różnych dziedzinach wiedzy,
3. szerokie upowszechnienie całego szeregu zastosowań nowego odkrycia.

Tak wygląda sytuacja w klasycznej sekwencji zdarzeń. Ale w XXI wieku szybkość zmian, częstotliwość pojawiania się nowych wynalazków wzrosła tak dalece, że chcąc sprostać wymaganiom ostrej walki konkurencyjnej na rynkach światowych, trzeba znacznie przyspieszyć proces opracowywania nowych rozwiązań. Pojawia się więc konieczność przejścia na odwróconą sekwencję zdarzeń.

Wobec ogromnej powszechności różnych artefaktów technicznych, żeby wynaleźć coś nowego należy:

1. Zbadać, jakie zjawiska i efekty przyrodnicze (naukowe) są już wykorzystane w dziedzinie, w której będzie opracowywana innowacja, wynalazek.
2. Zbadać zakres wykorzystania w niej pojedynczych zjawisk, np. fizycznych.
3. Przeszukać różne dziedziny nauki w poszukiwaniu efektu lub zjawiska, które dałoby szansę na opracowanie propozycji nowego rozwiązania.

Przykładowo, opracowując nową suszarkę do rąk w toaletach publicznych, należy uściślić problem następująco: „Znaleźć sposób na usuwanie wody z dłoni użytkownika”. Do niedawna powszechnie stosowanym sposobem na rozwiązanie tego problemu było „odparowanie” w połączeniu z usuwaniem odparowanej wody, czyli wykorzystaniem efektu „termomechanicznego”. Suszarki dmuchały ciepłym powietrzem na wilgotne dłonie, co prowadziło do pożądanego efektu. Nie jest to jednak tylko jeden sposób na usunięcie wody z dłoni. Poniżej przedstawiono część ogólnego wykazu efektów fizycznych, (niektóre, jak np. prawo Archimedesesa – bardzo stare), które mogą być wykorzystane do „przemieszczania wody” (tab. 1).

Suszenie rąk „klasyczną” metodą jest procesem energochłonnym i powolnym. J. Dyson, twórca nowego typu suszarki, nie znając TRIZ ani banków informacji o efektach fizycznych, raczej intuicyjnie trafił na koncepcję zdmuchiwania wody z dłoni silnym strumieniem powietrza. Dało to

Bezwład	Kapilary	Rezonans
Deformacja	Kawitacja akustyczna	Siła Lorentza
Efekt Coandy	Kondensacja	Spirala
Efekt elektrokapilarny	Kondensacja	Superpłynność
Efekt Funnela	Magnetostrykcja	Teoremat Bernoulli
Efekt termokapilarny	Nacisk kapilarny	Termiczna rozszerzalność substancji
Efekt termomechaniczny	Naprężenie powierzchniowe	Wibracje akustyczne
Efekt ultradźwiękowych kapilarny	Osmoza	Wibracje ultradźwiękowe
Elektroforeza	Parowanie	Wietrzenie
Elektroosmoza	Parowanie kapilarne	Wymiana jonowa
Elipsa	Pompowanie	Wymuszone drgania
Fala uderzeniowa	Prawo Archimedesesa	Zamoczenie
Ferromagnetyzm	Prawo Coulomba	
Gotowanie	Prawo Pascala	
Indukcja elektrostatyczna	Przewodnictwo supertermiczne	

Tab. 1. Wykaz efektów fizycznych dla problemu „przemieszczania wody” [5]

początek suszarkom do rąk, które coraz powszechniej trafiają do toalet np. marketów, restauracji itp. W swoich wspomnieniach J. Dyson opowiada, że opracowanie nowej suszarki kosztowało go ponad 500 prób zbudowania kolejnych prototypów i badania ich skuteczności.

Znając zasady TRIZ, można szybko znaleźć efekt fizyczny potrzebny do realizacji zamierzenia. Analiza zagadnienia zasadniczo prowadzi do ustalenia funkcji, jaką można zrealizować z pomocą odpowiedniego efektu. Procedury pomocnicze, takie jak algorytm Szpakowskiego i Nowickiej, analiza wepolowa, system wskaźników, elementarnych zasad i matryca skojarzeń pomogłyby ustalić funkcję lub zbliżyć się do jej charakterystyk, co z kolei umożliwiłoby celowe penetrowanie baz efektów [3].

Kontynuując przykład suszarki Dysona, można określić we wskaźnikach to, co ma zostać uzyskane w nowej suszarce. Przykładowo będzie to „skrócenie czasu suszenia rąk” i „zmniejszenie mocy urządzenia”. Te założenia pozwalają zdefiniować sprzeczności [10]. Są to (wymienione liczby, to numery wskaźników z matrycy sprzeczności):

- 25/21 – Skrócenie czasu suszenia wskaźnik – większa moc
- 21/17 – Zwiększenie mocy – za wysoka temperatura
- 33/21 – Ułatwienie eksploatacji – większa moc

Po wprowadzeniu powyższych par sprzecznych do matrycy odczytujemy zawarte w tabeli 2 zasady wynalazcze.

Powyższa analiza (skrócona) daje następujące wskazówki z zasad 10, 20, 35:

- nowa suszarka powinna pracować przy innym, korzystniejszym ułożeniu dłoni użytkownika,
- powinna działać nieprzerwanie, aż do usunięcia wody z dłoni,
- energochłonne operowanie ciepłym powietrzem należy zastąpić większą szybkością umiarkowanie ciepłego strumienia powietrza.

Takie wskazówki w zasadzie powinny doprowadzić konstruktora do koncepcji nowej suszarki. Konstrukcja suszarki J. Dysona to jednak problem niewielki i dość łatwy. Można jedynie wyrazić zdziwienie, że tak długo były w użyciu nieefektywne suszarki, odparowujące wodę z rąk ciepłym powietrzem.

Para sprzeczna	Zasada	Treść zasady
25/21	35, 20, 10, 06	35 – zasada zmiany parametrów fizycznych, 20 – zasada nieprzerwanie korzystnego działania, 10 – zasada wstępnej aranżacji, 06 – zasada uniwersalności,
21/17	02, 14, 17, 25	02 – zasada miejscowej jakości, 14 – zasada sferoidalności, 17 – zasada przejścia w inny wymiar, 25 – zasada samoobsługi,
33/21	35, 34, 02, 10	35 – zasada zmiany parametrów fizycznych, 34 – zasada odrzucenia i regeneracji, 02 – zasada miejscowej jakości, 10 – zasada wstępnej aranżacji.

Tab. 2. Wytypowane pary sprzeczne z matrycy TRIZ

Są jednak problemy bardziej złożone, mniej oczywiste, jak np. problem podawania wilgotnej gliny podajnikiem ślimakowym. Ślimak zwykłego podajnika oblepia się wilgotną gliną i przestaje ją podawać. Należy więc pomiędzy powierzchnię ślimaka i glinę wprowadzić substancję rozdzielczą. Zasadą TRIZ jest wykorzystywanie tych reśursów (zasobów), które są w systemie.

W systemie są: podajnik ślimakowy, glina i woda. Wodę zawartą w wilgotnej glinie – żeby mogła pełnić funkcję substancji rozdzielczej – należy przemieścić na powierzchnię ślimaka, dla oddzielenia lepkiej frakcji od powierzchni metalu. Potrzebne jest zjawisko fizyczne, dające efekt przemieszczenia wody poprzez glinę na powierzchnię zwojów ślimaka. Tu należy skorzystać z efektów fizycznych opracowanych przez prof. Jurija Sałamatowa, TRIZ Mastera.

## 2. Techniczne funkcje „efektów”

Tabele różnych „efektów”: fizycznych, chemicznych, geometrycznych (w opracowaniu są efekty fizykochemiczne i biologiczne) działają w skojarzeniu z analizą wepolową i tabelą sprzeczności [3, 6]. Z ich pomocą, nie będąc specjalistą fizykiem, chemikiem itd. – można uzyskiwać wskazówki pomocne w rozwiązywaniu złożonych problemów. Oczywiście należy zdać sobie sprawę z tego, że przytoczone „efekty” to tylko część wszystkich możliwych, ale z kolei na podstawie badań obszernej bazy patentowej ustalono, że wspomniane efekty przyczyniły się do opracowania ponad 3,5 mln wynalazków. Należy też pamiętać, że na etapie konkretnego projektowania konieczna będzie pomoc specjalistów, ale to już etap mocno ukierunkowanego opracowywania nowej koncepcji. Wykaz „techniczne funkcje efektów” w rezultacie pełni funkcję podobną do wykazu wskaźników systemu technicznego, pozwalającego zestawiać te wskaźniki w pary, w których poprawienie jednego wskaźnika może spowodować pogorszenie drugiego; por. przykład silnika do samolotu. Wykaz pozwala szybko znaleźć potrzebny efekt.

W poniższym wykazie przyjęto następujące oznaczenia:

- „F” – efekty fizyczne + numer podpunktu wykazu efektów fizycznych.
- „C” – efekty chemiczne + numer podpunktu wykazu efektów chemicznych.
- „G” – efekty geometryczne + numer podpunktu wykazu efektów.

W tabeli 3 pokazano, w porządku alfabetycznym, najczęstsze funkcje techniczne i przykłady ich realizacji poprzez efekty. W nawiasach podano numer efektu.

Wracając do problemu transportera ślimakowego: w tabeli 3, w punkcie 26 „Transport jednej substancji przez drugą” znajduje się efekt fizyczny 3.6., którego opis znajduje się w punkcie 3 artykułu (Elektroosmoza: osmoza dla suszenia kabli instalacji elektrycznych w kopalniach. Przemieszczanie wody przez ciała porowate).

Taka odpowiedź oczywiście nie jest kompletną informacją o tym, co należy zrobić z podajnikiem ślimakowym. Na tym etapie analizy problemu potrzebny jest ekspert – fizyk, który wyjaśni, że należy odizolować wał ślimaka od korpusu podajnika i podać napięcie stałe na korpus i wał ślimaka. Problem: gdzie „plus”, a gdzie „minus” – najprościej rozwiązać

już doświadczalnie. Zależy to bowiem od kwasowości bądź zasadowości gliny.

Przytoczony niżej, podręczny zestaw efektów fizycznych, chemicznych i geometrycznych, opracowany przez prof. Jurija Sałamatowa – to bardzo podstawowy, ale skuteczny zestaw, który potwierdził swoją efektywność w rozwiązywaniu bardzo wielu problemów.

## 3. Zestawienie efektów fizycznych, przydatnych do usuwania sprzeczności, tkwiących w systemach technicznych

### 1. Efekty mechaniczne

#### 1.1. Siły bezwładności

- 1.1.1. Wywoływanie siły dodatkowego nacisku
  - 1.1.2. Siły odśrodkowe (rozdzielanie frakcji sypkich, ochrona ścianek wirówki warstwą cięższych, odpornych na ścieranie cząstek, docisk taśmy ściernej do wypukłego dysku itp.)
  - 1.1.3. Moment bezwładności obracającego się ciała: koło zamachowe o zmiennym położeniu środków wirujących mas, przyspieszenie procesu dezaeracji proszków, wywiniecie zmięczonego końca rury, wykonywanie detali z paraboliczną powierzchnią, akumulowanie energii mechanicznej
  - 1.1.4. Efekt żyroskopowy, pomiar sił tarcia, akumulowanie energii
- #### 1.2. Grawitacja – „grawitacyjne” zegary
- #### 1.3. Tarcie
- 1.3.1. efekt anormalnie niskiego współczynnika tarcia w próżni
  - 1.3.2. efekt „niezużywalności”, skład smarów
  - 1.3.3. efekt wykorzystania wydzielającego się ciepła, (np. zgrzewanie tarciove)

### 2. Deformacje

- 2.1. Wartość deformacji: pomiary sił z użyciem sprężystego elementu
- 2.2. Efekt Poyntinga (skręcanie wału po zdjęciu łożyska)
- 2.3. Udarowe przekazywanie energii (efekt Aleksandrowa, mechanizm oddziaływania na ciało sztywne, wzmocnienie obciążeń udarowych)
- 2.4. Efekt radiacyjnej deformacji metali (np. prostowanie zdeformowanych detali)
- 2.5. Efekt pamięci kształtu w stopach metali (kruszenie kamieni, forma drukarska, silnik cieplny, dźwignik, elektrody do elektrochemicznej obróbki, kontrola topnienia lodu na przewodach elektrycznych linii napowietrznych, sito strunowe, metoda mocowania rur w dennicy sitowej, wysuwane ostrza zainstalowane w obuwiu, a wysuwające się na lodzie, element topikowy w bezpiecznikach)
- 2.6. Efekt pamięci kształtu w polimerach

### 3. Zjawiska na poziomie molekularnym

#### 3.1. Rozszerzalność cieplna substancji

- 3.1.1. Generowanie znacznych sił, prasowanie, silnik cieplny, naprężenie wstępne konstrukcji, np. betonowych

Nr	Problem	Numer podpunkty danego wykazu
1	<b>Akumulowanie:</b>	ciepła C2; mechanicznej energii F1.1; zimna C1; C2;
2	<b>Deformacja:</b>	F1.1; F2; F3.1; F3.2; F8; F10.3;
3	<b>Dozowanie substancji:</b>	F3.1; F3.3; F6.2; F7.3; F9.1; C1;
4	<b>Zmiany:</b>	właściwości magnetycznych C2; masy C1; koncentracji C1; objętości F2.4; F2.5; F2.6; F3.1; F3.4; F4.5; C1; C2; C5; G2; gęstości F8.3; C1; powierzchni G7; właściwości optycznych C4; odległości G2; prędkości F1.1; F3.4; C1; C8; kształtu F2.5; właściwości chemicznych C1; C2;
5	<b>Pomiar, ujawnienie:</b>	próżni F9.1; wibracji G1, wilgoci F9.1; F10.2; wodoru C2; czasu F1.2; lepkości i gęstości F4.1; F5.1; F5.3; szczelności F10.1; F10.8; C3; ciśnienia F5.1; F6.1; F7.3; F9.1; F7.4; F10.8; C5; G1; defektów F3.8; F6.4; deformacji F2.1; zużycia F5.1; ilości gazu w cieczy F4.4; masy F5.1; F5.2; F8.3; mechanicznych naprężeń F10.1; naciągu F5.1; ostrości krawędzi skrawającej F9.1; pulsu F7.3; wydatku F4.4; F5.1; rozmiarów F6.4; F9.1; F10.1; F10.6; odległości F7.4; przesunięć F7.4; F10.7; ściśliwości F7.1; temperatury (F3.1; F3.2; F8.4; F10.1; F10.5; cieków F4.5; tarcia F1.1; sił F1.1; F7.3; poziomu F4.1; F5.1; przyspieszenia F5.1; F7.3; ultradźwięku C5; kruchości F7.3; chropowatości F4.2; napięcia elektrycznego F.4; F8.3;
6	<b>Intensywność spalania:</b>	C 3;
7	<b>Zamocowywanie detali:</b>	F3.3; F8.1; F8.2; C8; G1; G3; G4; G6;
8	<b>Nanoszenie substancji:</b>	C8;
9	<b>Oczyszczanie substancji:</b>	F6.1; F9.1; C1; C2; C3; C8;
10	<b>Realizacja zamkniętych cykli przemian w substancjach:</b>	C1; C2;

11	<b>Otrzymywanie:</b>	ciał sferoidalnych F1.1; ciepła – wprowadzanie energii cieplnej do systemu F1.3; F3.7; F5.1; F10.3; C7, G2; zimna – wyprowadzanie energii cieplnej z systemu F3.2; F3.3; F3.7; F7.4; F8.2; F9.1; C1, G4; ciemnienia (parcia) F1.1; F3.3; F2.4; F2.5; F3.1; F3.2; F4.3; F8; C1; C2;
12	<b>Przemieszczanie (ciał i substancji):</b>	F2.5; F3.1; F3.3; F4.1; F4.3; F5.1; F6.1; F6.6; F7.3; F8; F10.4; C1; C2; C8; G4; G5; G6;
13	<b>Przekształcanie:</b>	cieplnej energii w mechaniczną F2.5; F3.1; F3.2; F3.7; F8.4; C1; elektrycznej energii w mechaniczną F7.3;
14	<b>Przekształcanie dwóch substancji w jedną:</b>	C1, C2, C3;
15	<b>Rozdział substancji:</b>	F1.1; F3.3; F5.2; F5.3; F7.3; F7.4; F8; F9.1; C1; C2; C5; C6; C8;
16	<b>Rozpad substancji:</b>	F2.3; F2.5; F4.4; F5; F7.2; C1, C2, C8;
17	<b>Umieszczanie jednej substancji w drugiej:</b>	C1; C2;
18	<b>Rozpylenie substancji:</b>	F6.1; F7.3; F7.4; F9.1; G4;
19	<b>Regeneracja ciepła (odzysk):</b>	F3.7;
20	<b>Regulacja tarcia (także oporu hydrodynamicznego):</b>	F1.3; F4.2; F7.3; F8.3; C8; luzu F3.1; ciepła F3.7;
21	<b>Tworzenie mieszanin gazu z płynem:</b>	F5.1; F7.4;
22	<b>Połączenia różnorodnych substancji:</b>	F2.5; C2;
23	<b>Odprowadzanie elektryczności statycznej:</b>	F9.1; C3;
24	<b>Stabilizacja temperatury:</b>	F4.5; F6.6; F8.2;
25	<b>Termowłaznik, dioda:</b>	F3.7;
26	<b>Transport jednej substancji przez drugą:</b>	F3.2; F3.3; F3.6; C1; C2;
27	<b>Transport energii cieplnej:</b>	F3.7;
28	<b>Zmniejszenie aktywności substancji:</b>	C1; C3;
29	<b>Sterowanie postacią powierzchni płynów:</b>	F1.1; F1.2;

Tab. 3. Techniczne funkcje wraz z krótkim wyjaśnieniem [6]

3.1.2. Efekt bimetaliczny, licznik krotności zalewania metalu we wlewnicę, zmiana krzywizny sworzni, regulacja luzów w pompach z uszczelnieniem labiryntowym, zacisk detali, rozwalcowywanie rur w dennicach, spawanie dyfuzyjne, urabianie skał w kamieniołomach, mikroprzemieszczenia obiektów, sterowanie śrubami nastawczymi, rozciąganie prętów, pomiar temperatury, dozowanie małych ilości gazu, zdejmowanie oczka ciągarckiego

### 3.2. Przemiany fazowe

Zmiana stanu skupienia, sposób warstwowego wypełnienia naczynia mieszającymi się substancjami, urządzenie rozruchowe prasy, silnik pracujący w zakresie małych zmian temperatury, termometr z czystego chromu, technologia uźebrowanych rur, wykorzystująca zamrażającą wodę, przymrażanie płytek skrawających, szybki sposób generowania ciśnienia przez odparowanie suchego lodu, „samouniściwienie” części złącznych

### 3.3. Materiały kapilarno-porowate

Znacznikowa płyta dla wlewków (proces podobny do tamponiarki), odwadnianie ropy naftowej, rozdzielanie ciężkich i lekkich gazów, przegrody tłumiące dźwięk, elementy chłodzące elektrycznych maszyn, dozowanie dodatków stopowych, podnoszenie lutowia ponad wanną, podawanie cieczy chłodzącej, zapobieganie osiadaniu polimerów na ściankach naczynia technologicznego, przegroda dla płomieni

### 3.4. Absorbacja

Dwufazowe medium robocze dla kompresora: gaz i absorbent

### 3.5. Dyfuzja

Termodyfuzyjna obróbka stalowych przygotówek

### 3.6. Osmoza

Elektroosmoza dla suszenia kabli instalacji elektrycznych w kopalniach, przemieszczanie wody przez ciała porowate

- 3.7. Rury ciepłe  
Chłodzenie elementów sprzętu elektronicznego (np. procesorów), odbiór ciepła z pieców metalurgicznych, chłodzenie pomp próżniowych, wirniki pomp wirowych, aparat do hodowli mikroorganizmów, przekazywanie ciepła na duże odległości, silnik cieplny, cieplny wyłącznik, „dioda” cieplna
- 3.8. Zeolitowe sita molekularne  
Polerowanie półprzewodników, wykrywanie pęknięć, filtracja, pochłanianie cieczy i gazów itd.
4. Hydrostatyka, hydrodynamika
- 4.1. Prawo Archimedesesa  
Określenie lepkości i gęstości cieczy, pomiar poziomu, załadunek drewna na platformy kolejowe, wyładunek kamieni z barek, montaż sterowców w wodzie, obrotnica dla parowozów, pływak spawalniczego manipulatora w magnetycznym płynie
- 4.2. Przepływ cieczy i gazów
- 4.2.1. laminarność: przemieszczanie nitkowatych kryształów
- 4.2.2. turbulencja: kontrola chropowatości powierzchni
- 4.2.3. prawo Bernoulliego: metoda określania wydajności wentylatorów
- 4.2.4. efekt Tomsa (spadek oporu przepływu cieczy), zmniejszenie strat ciśnienia, nadpłynne żele, systemy chłodzenia.
- 4.3. Uderzenie hydrauliczne (taran hydrauliczny)  
Regulacja szczeliny pomiędzy elektrodą i detalem, zmniejszenie ciśnienia przed hydroturbiną, elektrohydrauliczny udar (efekt Jutkina) dla otrzymywania koloidów, uzyskiwanie superwysokich ciśnień, przepompowywanie cieczy
- 4.4. Kawitacja  
Przygotowywanie pasz objętościowych, usuwanie zadziorów, podniesienie erozyjnej aktywności cieczy, wykrywania radioaktywnego promieniowania, pomiar wielkości przepływu cieczy, określenie ilości gazów rozpuszczonych w cieczy, obróbka detali
- 4.5. Piana (mieszanka gazu i cieczy, także w stanie stałym)  
Dźwiękoszczelne izolacje, tłumienie hałasu, ochrona roślin przed mrozem, zapobiegania pyleniu węgla podczas transportu, pokrycie taśmy transportera, wysiew ziarna, tłumiki wybuchów, produkcja metalowych elementów, płukanie rurociągów, wykrywanie przecieków, kształtowanie powłok i pokryć na bańkach mydlanych, oczyszczanie wody z ropy naftowej
5. Drgania i fale
- 5.1. Drgania mechaniczne
- 5.1.1. Drgania swobodne (własne): określenie współrzędnych środka ciężkości, pomiar siły naciągu taśmy w ruchu, pomiar wydatku cieczy i gazów, pomiar ciśnienia, określenie udziału żółtka i białka w jajku, tłumienie drgań, oczyszczanie ziemniaków z ziemi
- 5.1.2. Drgania wymuszone: określenie stopnia zużycia wiertła, wibroząszczenie betonu, pomiar masy, rozpylenie cieczy, nagrzewanie gazów
- 5.1.3. Rezonans: podajnik wibracyjny, odprężanie konstrukcji, osuszanie materiałów proszkowych, czujnik poziomu skroplonych gazów, pomiar masy substancji zawartej w naczyniu, metoda określenia chemicznej stabilności materiałów, nieniszczące badanie konstrukcji, pomiar wydatku masowego, obniżenie hałasu
- 5.1.4. Drgania samowzbudne: określenie momentu wiązania betonu, pomiar przyspieszenia, mieszanie gazu z płynem
- 5.2. Akustyka
- 5.2.1. Drgania akustyczne: badania kontrolne powłoki zewnętrznej samolotu, płukanie celulozy, lalki „mówiące”, czyszczenie taśm w płynach, suszenie preparatów mikrobiologicznych, rozdzielanie cząsteczek mieszaniny, określenie gatunku pszczoł (po wysokości tonu brzęczenia)
- 5.2.2. Odbicie fali: określenie ilości substancji w naczyniu
- 5.3. Ultradźwięki  
Intensyfikacja spalania, dezaeracja płynów, kontrola jakości styku, pomiar gęstości roztworu, badanie rozwarstwień górotworów, detekcja wtrąceń w metalach, obróbka diamentów i kryształów, leczenie ran
6. Zjawiska elektromagnetyczne
- 6.1. Oddziaływanie ładunków elektrycznych  
Dysza pneumatyczna z elektryzowaniem kropelek, pokrywanie powierzchni woskiem, samoukładacz arkuszy papieru, chłodzenie kompresora rozpylnym płynem, koagulacja aerozolu w kanałach, zapobieganie zatłuszczeniu tarcz szlifierskich, elektrostatyczny rozpylacz proszku, otwieranie płatków kwiatowych w uprawach, określenie znaku i wielkości ładunku elektrycznego nasion, suszenie skór futerkowych, wyblyszczanie fotografii, lakierowanie powierzchni, nanoszenie powłok polimerowych, pomiar ciśnienia płynów, otrzymywanie strumienia naładowanego elektrostatycznie proszku, przyspieszenie wzrostu roślin naładowanych hydroaerozolem, odpylacz w postaci szpuli z nicią syntetyczną, podlewanie roślin mgłą naładowana ładunkiem elektrycznym, oddzielanie pojedynczych kartek ze stosu, zbieranie pyłków kwiatowych, czyszczenie gazów z tlenków i zawiesin, przygotowanie paliwa do spalania, przegotowanie asfaltu, oczyszczenie powietrza z pyłu, podnoszenie płynności ciekłego metalu, elektroosmoza
- 6.2. Kondensator  
Dozownik cieczy, określanie odporności upraw ryżu na sól
- 6.3. Prawo Joule’a Lentza  
Spiekanie cementowego klinkieru
- 6.4. Opór elektryczny  
Pomiar rozmiarów przedmiotów, badanie jakości długopisów, określanie marki węgla kamiennego itd.
- 6.5. Fale elektromagnetyczne  
Zdalne sterowanie pojazdami, kontrola suszenia materiałów, oczyszczanie gałązek drzew iglastych

z igliwia, określenie zawartości wody w ropie naftowej, czyszczenie powierzchni blach stalowych ze zgorzeliny, usunięcie z gumy elementów metalowego uzbrojenia, metoda otrzymywania niektórych pokryć, określenie głębokości pęknięć w detalach, sposób ochrony człowieka przed porażeniem prądem elektrycznym

#### 6.6. Indukcja elektromagnetyczna

6.6.1. Indukcja wzajemna: termostat

6.6.2. Prądy wirowe: topienie osadów lodu w lodówkach i zamrażalnikach, orientacja niemagnetycznych, przewodzących prąd detali, hamowanie walcowania na walcarkach

6.6.3. Efekt naskórkowy: odparowywanie materiałów w próżni, czyszczenie rurociągów z osadów

### 7. Elektryczne właściwości substancji. Dielektryki

#### 7.1. Przenikalność dielektryczna

Określenie ściśliwości gazów w stanie stałym, określenie czasu przesiąkania materiałów porowatych

#### 7.2. Przebiecie elektryczne dielektryków

Rozkrój tkanin

#### 7.3. Efekt piezoelektryczny

Przeciąganie taśmy, transport cieczy, silnik, otrzymywanie odpowiedniej postaci lekarstwa, rozpylanie, czujnik tętna, generator iskry, wzmacniacz elektrohydrauliczny, czujnik ciśnienia, określanie kruchości materiałów, przyspieszeniometer, zapalarka, sprzęgło, zgęszczanie substancji polimerowych, tłumienie udary hydraulicznego, obniżenie tarcia w przekładni ślimakowej, mikro dozownik płynów, sztuczne serce

#### 7.4. Elektrety

Malowanie pylistym barwikiem, separatory, mieszanie proszków, oczyszczanie gazów z aerozoli, pomiar odległości, pomiar gęstości, indykator stałego naprężenia, galwanometr, podwyższanie gęstości polimerów, bunkry dla pasz sypkich, wytwornica lodu, dysze rozpylające, czujnik przemieszczeń, czujnik ciśnienia

### 8. Magnetyczne właściwości substancji

#### 8.1. Wykorzystanie magnetycznych własności

Usuwanie z oka ferromagnetycznych ciał obcych, połączenia kołnierzone, metoda produkcji filmów rysunkowych, przekładnia pasowa, prasa, określenie „martwego” punktu tłoka, sprężyna, otrzymywanie białej sadzy, transport wiórów biegnącym polem magnetycznym, zapobieganie erozji futrówki płynnym metalem, globus z elastycznego magnetycznego materiału, ochrona koła zamachowego przed rozerwaniem siłami odśrodkowymi, zamocowanie na stole obrabiarki detali z materiałów niemagnetycznych

#### 8.2. Ferroproszki

Zamocowywanie detali o różnorodnych kształtach, ochrona ujęcia wody przed przemarzaniem, urabianie górotworów, chłodzenie detali w strumieniu ferrocząstek, oczyszczanie wody z plam oleju i ropy, wzmacnianie gruntu, betonowy magnetowód, sortowanie detali wg stopnia porowatości, separacja nasion, tarcza do strzelania z łuku sportowego

#### 8.3. Płyny magnetyczne

Sprzęgło połączeniowe, hermetyczny kontakt, zawieszanie cylindrów w strumieniu, wskaźnik elektrycznego obciążania, smar

#### 8.4. Przejście przez punkt Curie

Silnik słoneczny, sygnalizator temperatury, lutowanie na fali lutowia

### 9. Wyładowania elektryczne w gazach

#### 9.1. Ulot

Ulot (niezupełne wyładowanie elektryczne): generowanie aerozoli, przygotowanie nasion do siewu, wykańczające mycie detali, określenie ostrości krawędzi skrawających, filtr, odpylanie gazów, neutralizacja elektryczności statycznej, separator, dozowanie materiałów dielektrycznych, chłodzenie substancji roboczej, pomiar wilgotności, czujnik ciśnienia gazów, kontrola próżni w lampach próżniowych, pomiar średnicy mikroprzewodów, dezynfekcja produktów żywnościowych

### 10. Światło i substancja

#### 10.1. Promieniowanie widzialne

Kontrola szczelności, trener spawalniczy, określenie odcienia koloru żółtka w jajku, sygnalizator temperatury, pomiar temperatury, pomiar średnicy detali, wydzielenie tlenu z powietrza, czujnik naprężeń mechanicznych, określanie mrozoodporności koniczyny

#### 10.2. Promieniowanie ultrafioletowe

Metoda spajania metali

#### 10.3. Promieniowanie podczerwone

Określenie wilgotności w procesie suszenia, zgrzewanie folii polimerowych, czujniki przeciwpożarowe, remont nawierzchni asfaltowych, plastyczne formowanie szkła

#### 10.4. Ciśnienie światła

Metoda przetwarzania gazów lub par z jednego naczynia do drugiego

#### 10.5. Odbicie i załamanie światła

Określenie czasu lutowania detali elektronicznych, badanie naprężeń cieplnych na przezroczystych modelach, pomiar temperatury

#### 10.6. Efekt Moiré

Kontrola błędów kształtu detali, kontrola płaskości blach i płyt

#### 10.7. Interferencja

Kontrola liniowych przemieszczeń elementów spawanych, okręcenia wielkości parcia na powierzchniach nośnych samolotów, okręcenia zdolności kiełkowania nasion, określanie szybkości pochłaniania gazów przez ciecze [6].

### 4. Inne banki efektów

Oprócz banku efektów Jurija Sałamatowa, w literaturze przedmiotu znaleźć można:

- *Bank efektów fizycznych w wynalazczości* S. Denisowa, W. Jefimowa, W. Zubariewa i W. Kustowa, obejmujący

ponad 600 zjawisk fizycznych z przykładami zastosowań w wynalazczości [5],

- Wykaz efektów fizycznych dla wykorzystania w wynalazczości J. Gorina,
- Bazę danych: *Efekty 200* W.N. Głazunowa; stabelaryzowany wykaz efektów o sprawdzonej w wynalazczości przydatności.

Banki efektów nie obejmują całego materiału nowoczesnej fizyki. Jednakże z ich pomocą rozwiązano już ponad 98% problemów wynalazczych.

Inne banki informacji uzupełniające TRIZ:

1. Bank efektów i zjawisk chemicznych, Jurij Sałamatow *Sukces na molekularnym poziomie* – wykaz efektów chemicznych.
2. Bank efektów biologicznych.
3. Bank efektów matematycznych.
4. Bank efektów psychologicznych.

## 5. Wnioski

Sama metodyka TRIZ nie rozwiąże wszystkich problemów, z jakimi styka się wynalazca. Oczywiście koniecznością jest ścisły kontakt z nauką i jej osiągnięciami. Wynalazca nie jest specjalistą we wszystkich dziedzinach wiedzy jednocześnie, stąd wynikała potrzeba opracowania „pomostu” pomiędzy wiedzą ściśle naukową a jego potrzebami.

Zadaniem wynalazcy jest zdefiniowanie funkcji poszukiwanego efektu, czyli określenie, jakie zjawisko jest potrzebne dla rozwiązania konkretnego problemu. W rezultacie wynalazca, nie będąc specjalistą z dziedzin objętych bankami danych, może z powodzeniem rozwiązywać problemy wchodzące w ich zakres merytoryczny. Najczęściej jednakże potrzebna jest pomoc specjalisty branżowego. Popularną praktyką jest powoływanie tymczasowego zespołu do rozwiązania konkretnego zadania, w skład którego wchodzi specjalista TRIZ, specjalista branżowy z zakładu, którego problem dotyczy i – w razie potrzeby – fizyk, chemik lub inny specjalista [4].

Przykładów takiej współpracy jest mnóstwo. Master TRIZ – Aleksander Kudriawcew, rozwiązywał następujące problemy: napełnianie tonerem kartridżów, problem nadania „marketingowego wyglądu” jogurtowi o mocno obniżonej zawartości tłuszczu, a następnie problem nielegalnego podłączania się do sieci energetycznej, zwłaszcza na odległych terenach Rosji. Była to duża różnorodność specjalistyczna problemów, a mimo to działał skutecznie w trzech bardzo odległych dziedzinach nauki i techniki.

## Literatura:

- [1] Altszuller H., *Elementy teorii twórczości inżynierskiej*. WNT, Warszawa 1983.
- [2] Orłow M., *TRIZ – to jest łatwe*, Solon Prasa, 2011.
- [3] Boratyńska-Sala A., *Współczesny TRIZ – analiza funkcjonalna i trimming*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Tom 1, pod red. R. Knosali. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015, s. 26-37.

- [4] Boratyńska-Sala A., *Trizowski „idealny system techniczny” w zastosowaniu do organizacji zarządzania*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Tom 1, pod red. R. Knosali. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012, s. 22-30.
- [5] Boratyńska-Sala A., *Algorytm pracy z projektami wynalazczymi*, [w:] *Kreatywność i przedsiębiorczość w projałościowym myśleniu i działaniu*. Tom 2, pod red. E. Skrzypek. Zakład Ekonomiki Jakości i Zarządzania Wiedzą. Wydział Ekonomiczny. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Lublin 2009, s. 123-134.
- [6] Boratyńska-Sala A., *Cooperation between TRIZ experts and business*, “Edukacja Ustawiczna Dorosłych – Polish Journal of Continuing Education”, nr 2 (85), 2014, s. 56-65.
- [7] Denisow S., Jefimow W., Zubariew W., Kustow W., *Ukazatel fizycznych efektów i jawlenij dla izobretateliej i racjonalizatorow*, Obninsk 1977, s. 214, dostępny: <http://lib.web-malina.com/getbook.php?bid=1693>.
- [8] Sałamatow J., *TRIZ. „Jak rozwiązać nierozwiązywalne” – Podręcznik dla nauczyciela TRIZ*. Wyd. „Proswieszczenije”, Moskwa 2006.
- [9] Boratyńska-Sala A., Knosala R., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A., *Zarządzanie innowacjami*, PWE, Warszawa 2014.

## EFFECTIVENESS OF DATABASE IN THE THEORY AND PRACTICE OF TRIZ

### Key words:

TRIZ, Effectiveness of Database, physical, chemical and geometrical effects

### Abstract:

The paper presents effectiveness of Database as one of the solution of Theory of Solving Innovative Problems (TRIZ). The rapid development of innovations is very hard for every company as the competition is very high. TRIZ proposes a method for new solutions development. The article describes problem of the functioning of the public hand dryers. Drying hands is the removal of water by the nomenclature of TRIZ. For such defined problem 42 solutions from the Database of physical effects can be found.

The second example given in the article is a, problem of getting stuck with a moist clay snails in the trays. To solve this problem the effect of banks was used by the author. In a list of problems with their associated solutions in the form of physical, chemical and geometrical effects is given. The useful physical effects for removing contradictions which appear in technical systems were summarized.

### Dr inż. Anna BORATYŃSKA-SALA

Politechnika Krakowska

Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji

boratynska@mech.pk.edu.pl