

Dialectics and Innovation through TRIZ Methodology

Dialektika a inovace metodikou TRIZ

Bohuslav Bušov, Milada Bartlová

Abstract: The paper presents objective application of several parts of TRIZ methodology in the process of outstanding innovation of a Czech design turbojet engine for both small civil and military unmanned air vehicles. TRIZ methodology differs significantly from other methods of encouraging of technical creative – innovative work. It is based on the Hegelian dialectical laws of development, the causality of events and knowledge based on the analysis of large amounts of data – patented technical solutions. The solver is guided through the analysis of the object of interest to identify problems and properly formulate correct innovation tasks. It forces the researcher to the formulation of task contradictions, and then recommends inventive principles and other proven, studying patents acquired, generalized and therefore widely applicable procedures for solving technical problems – innovation tasks.

Keywords: TRIZ, RCA+, technical and physical contradictions.

Abstrakt: Příspěvek představí objektivní využití několika částí metodiky TRIZ v procesu vynikající inovace malého turbínového motoru české provenience pro malá civilní letadla i vojenské cvičné bezpilotní vzdušné cíle. Metodika TRIZ se výrazně odlišuje od jiných metod podpory technické tvůrčí – inovační práce. Opírá o Hegelovy dialektické zákonitosti vývoje, kauzalitu událostí a poznatky získané analýzou velkého množství dat – patentovaných technických řešení. Provází řešitele analýzou zájmového objektu, aby identifikoval problémy a správně formuloval správná inovační zadání. Nutí řešitele k formulacím rozporů v zadáních a potom doporučuje invenční principy a jiné osvědčené, studiem patentů získané, zobecněné a proto široce použitelné postupy řešení technických problémů – inovačních zadání.

Klíčová slova: TRIZ, RCA+, technické a fyzikální rozpor.

1 Příčinou vývoje všeho je rozpor

Filosofové prominou, když v úvodu tří Hegelovy dialektické zákonitosti vývoje všeho připomenou ve velmi stručné podobě: 1. Zákonitost rozporu (příčinou vývoje všeho je rozpor, 2. Zákonitost přechodu kvantity v kvalitu (nejprve vždy a všude narůstá kvantum, pak se změní kvalita) a 3. Negace negace (vše bude překonáno něčím vývojově vyšším).

V metodice TRIZ je rozpor klíčovým pojmem. Rozpor je nutno umět nejprve formulovat, aby bylo možno rozpor potom překonat. Formulace rozporu v řešeném problému je někdy snadná jindy velmi složitá myšlenková operace. Za problém považujeme situace, když neznáme postup řešení, jak dosáhnout žádoucí události nebo jako zamezit nežádoucí události. Známe-li postup řešení, nehovoříme o problému, nýbrž o úloze. Pro někoho je řešení kvadratické rovnice ještě stále úloha, pro někoho již bohužel problém.

2 Být i nebýt, toť otázka v TRIZ

Rozpory, ač to zní napoprvé podivně, jsou nejlepším východiskem inovací. Rozpory je užitečné rozpoznávat jednak při snaze co nejvýstižněji popsat příčiny vzniku zájmové události, ať nežádoucí události nebo užitečné události. Rozpory nacházející se v příčinách vedoucích k zájmové události jsou směrníky hledání a nalézání silných inovačních řešení.

Formulovat rozpory v řešené události je užitečné proto, že rozpory lze řešit, a to nejen optimalizováním protichůdných (rozporných) požadavků, ale rozpory lze také překonávat, tj. zlepšit oba protichůdné požadavky. Optimalizační postupy vedou řešitele k uspokojení jedné požá-

dované vlastnosti (charakteristiky, parametru) jen do takové míry, aby řešitelem použitý způsob nezhoršil druhou vlastnost (charakteristiku či parametr) pod ještě přijatelnou mírou. Oproti optimalizacím jsou invenční principy inovátorskými postupy, často vedou nikoliv k pouhé optimalizaci, ale až k překonání rozporu, tzn. zlepšení obou vlastností, charakteristik či parametrů. Důležité je, že překonáním rozporu v řešeném problému se vyznačují silná řešení s vyšší úrovní invence. V případě techniky jsou to řešení posouvající stav techniky a proto často chráněná např. patentem.

Metodika TRIZ vede řešitele k nejprve k formulování a potom k překonání rozporu. Připomeňme, že úlohy typu „být či nebýt“ jsou relativně snadno řešitelné: 0 nebo 1, černé nebo bílé, být nebo nebýt. Metodika vede řešitele k invenčnímu řešení úloh, k řešením typu: 0 i 1, černé i bílé, „být i nebýt“.

3 Vznik událostí, to je řetěz příčin a následků

Pro popis problémové situace, konkrétně pro popis problému v tomto článku, jak dosáhnout žádoucí události a které kořenové rozporné příčiny k události vedou, bude použita část metodiky TRIZ, konkrétně technika RCA+ (Root Cause Analysis plus) (Šuškov, 2014).

Problematika hledání kořenových příčin událostí patří do teorie kauzality (*causa*, příčina) která zkoumá vztah mezi příčinou a jejím následkem v přesvědčení, že nic se neděje bez dostatečné příčiny (determinismus). Podle filozofa I. Kanta je kauzalita jednou z priorních podmínek poznání, které se zpravidla ptá právě po příčinách. Vysvětlit nějakou věc nebo událost znamená často objasnit její příčiny.

Vztah příčiny s následkem můžeme zkoumat jako dvojici nebo jako řetězec příčin a důsledků. Protože určitá příčina může mít několik následků a následek může mít několik příčin, lze tyto vzájemné vazby schematicky zachycovat stromovými grafy nebo síťovými grafy.

4 Kořenová příčina a kořenová rozporná příčina

Významnou úlohou kauzality je hledání kořenových příčin. Za kořenové příčiny je možné považovat konkrétní možné příčiny následků, které už není potřeba dále dekomponovat a na jejichž odstranění je možné navrhnout konkrétní nápravné nebo preventivní opatření.

Kauzální analýzu události (ať už události žádoucí nebo nežádoucí) s využitím techniky hledání kořenových „rozporných“ příčin je možno velmi výhodně využít také v procesu hledání invenčního řešení konstrukcí. Právě k tomu účelu vznikla technika Root Cause Analysis Plus (dále označovaná jako RCA+). Je podrobně popsána ve studijním textu (Šuškov, 2014)). RCA+ umožňuje zviditelnit kořenové rozporné příčiny, které jsou velmi žádoucím východiskem pro formulování klíčových inovačních zadání a nástupu k jejich invenčnímu řešení. Od kořenové příčiny prosté se kořenová rozporná příčina liší tím, že má jak negativní tak i pozitivní následek. Uvidíme na obr. 2, 3 a 4.

5 Technika RCA+ v metodice TRIZ

Technika RCA+ (Šuškov, 2014) je součástí analyticko-řešitelské metodiky TRIZ (Devojno, 2015). TRIZ metodika podporuje nejprve analýzu problémové situace, vede k formulaci inovačních zadání včetně rozporů a potom doporučuje řešiteli invenční principy, které byly získány studiem patentů. Tím inspiruje řešitel ke generování invencí, nápadů řešení.

RCA+ usnadňuje studium (analýzu, porozumění, zpřehlednění, zviditelnění) složitých problémů, jejichž řešení vyžaduje systémový přístup i tvořivost při hledání řešení. Pomáhá modelovat a zvládat složitost problémů, jejichž řešení vyžaduje invenci řešitele, a to tím, že identifikuje a zviditelňuje rozpory i jejich příčiny, které jsou obvykle skryty. Přitom právě rozpory

a jejich příčiny jsou jak zdrojem problémů, tak i zdrojem při hledání řešení, a to nejen v technice.

Mapování problémové situace a její zobrazení pomocí sestaveného RCA+diagramu pomáhá identifikovat rozpory, ozřejmit vztahy mezi nimi, usnadnit rozhodování, který rozpor vybrat k řešení a proč. Tím RCA+ výrazně napomáhá jak ve fázi analýzy problému, tak i při syntéze jeho řešení. Platí ono okřídlené: „Nevíš-li, kam jdeš, určitě dojdeš někam jinam“.

RCA+ je technika nezávislá na problémové oblasti. Používá se v rámci hledání příčin nežádoucích událostí (např. havárie letadel) a navrhování nápravných opatření, jak takové nežádoucí události do budoucna zabránit, ale i při hledání příčin požadovaných událostí (např. zdokonalit motor (Katolický, 2014)) a jak takového zdokonalení požadované události do budoucna dosáhnout. Tento text ukazuje aplikaci RCA+ v oblasti techniky. Nicméně, RCA+ lze využít nejen v technice, ale ve kterékoliv oblasti, kde mohou být formulovány rozpory.

Příklad technické inovace oceněné Zlatou medailí na MSV v Brně ukazuje použití RCA+ retrospektivně, jak a proč bylo dosaženo požadované události, tzn. jaké rozpory a následně jejich překonání vedly řešitele k inovaci významně posouvající stav dané techniky.

Vše dosud uvedené lze shrnout: získaná schopnost formulovat rozpory v řešených událostech (žádoucích i nežádoucích), je předpokladem překonání rozporů. Překonáním rozporů lze dosahovat žádoucí události efektivněji nebo efektivněji potlačovat nežádoucí události.

6 Rozpor technický a fyzikální

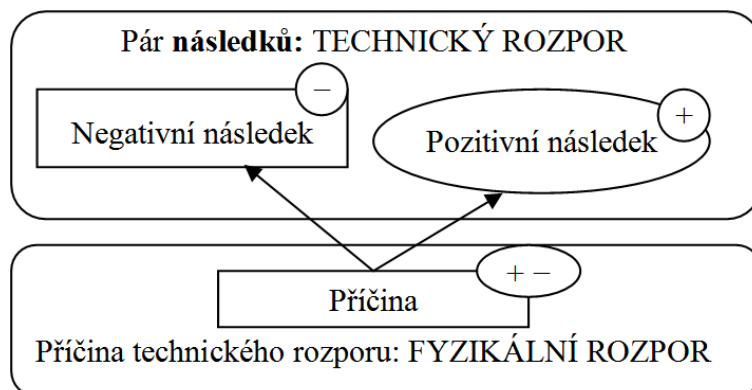
Při sestavování řetězce příčin a následků, které vedou k zájmové události, postupně zviditelňujeme dva typy rozporů: rozpor technický a rozpor fyzikální.

Na Obr. 1 vidíme, že obě strany technického rozporu jsou propojeny společnou příčinou, obecněji řečeno, obě strany jsou spojeny „příčinným“ způsobem, který na jedné straně vede k pozitivnímu následku, ale na druhé straně tentýž způsob vede také k negativnímu následku.

Technický rozpor úplně formulovaný musí obsahovat tři dílčí informace:

Co se zlepšuje, jakým způsobem a co tentýž způsob zhoršuje.

Technický rozpor formulovaný mezi negativním následkem a pozitivním následkem může být přímo vyhledán v matici rozporů, jako pozitivní (zlepšovaný) a negativní (zhoršující se) parametr. Technický rozpor potom může být řešen pomocí podnětů inspirovaných cca 40 invenčními principy. Jejich znění bylo formulováno na základě výsledků studia mnoha set silných invencí popsanych v patentových spisech.



Obr. 1: Souvislost následků (rozporu technického) a příčiny (rozporu fyzikálního)

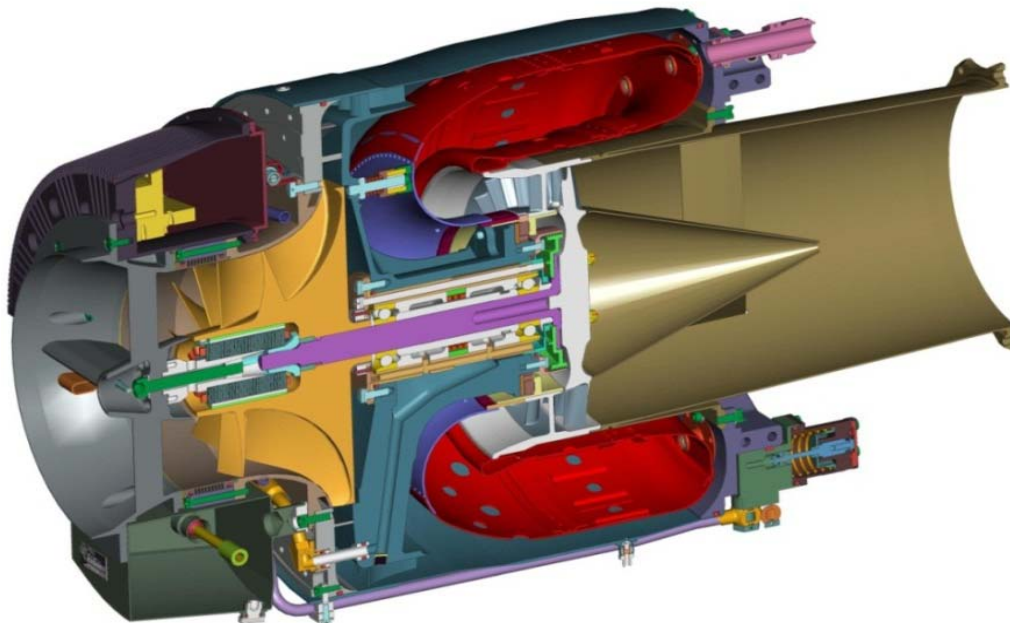
Fyzikální rozpor hledáme v použitém „příčinném“ způsobu, který spojuje oba následky a formulujeme jej na jedné komponentě a její jedné fyzikální veličině.

Fyzikální rozpor je definován jako dva opačné stavy příčiny: *jistý stav* příčiny zajišťuje pozitivní následek, zatímco *opačný stav* příčiny by měl zabránit vzniku negativního následku. Fyzikální rozpor potom může být řešen pomocí podnětů inspirovaných cca 11 separačními postupy.

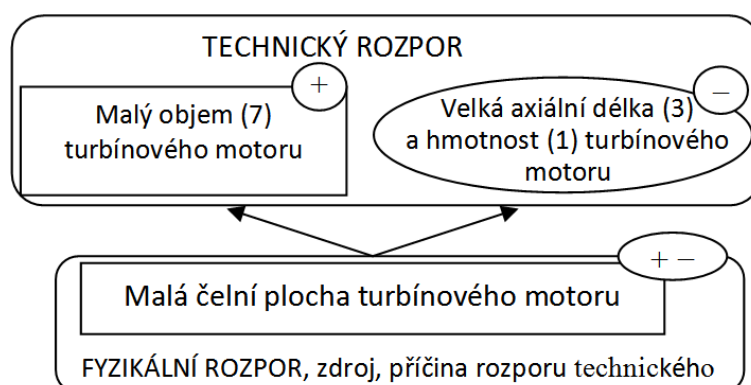
7 Příklad použití RCA+

Pro ilustraci použitelnosti RCA+ uvedeme část příkladu inovace (zdokonalení) malého turbínového motoru z produkce PBS Velká Bíteš, a. s. Pohled dovnitř malého turbínového motoru a jednotlivé podstatné komponenty ukazuje Obr. 2.

Uvedeme nejprve jeden z rozporů vyřešených vynálezcem (Katolický, 2014) na Obr. 3 a potom celkový řetězec příčin a následků (RCA+ diagram) s pěti kořenovými rozpornými příčinami na Obr. 4.



Obr. 2: Pohled dovnitř malého turbínového motoru TJ100S-125 (Devojno, 2015)



Obr. 3: Jeden z četných rozporů vyřešených v inovaci malého turbínového motoru

- **Technický rozpor** (v Obr. 3): Malý objem turbínového motoru (požadovaný následek), je-li dosahován malou čelní plochou motoru (způsob), pak tento způsob vede k velké délce a hmotnosti turbínového motoru (nežádoucí následek).

- **Fyzikální rozpor** (v Obr. 3):

Čelní plocha motoru by měla být *malá*, aby byl dosažen malý objem motoru (7) a čelní plocha by měla být *velká*, aby nebylo nutno prodlužovat délku (3) a hmotnost (1) turbínového motoru.

Celkový řetězec příčin a následků na Obr. 4 zviditelňuje četné technické a fyzikální rozpory (a jejich vzájemné souvislosti), které vynálezce postupně překonával, když v průběhu několika let zdokonaloval parametry a dospěl k výrazné inovaci turbínových motorů řady TJ 100.

Obr. 3 ukazuje příklad příčinně následkového řetězce (RCA+) sestaveného při zkoumání příčin, které vedly k výraznému zdokonalení podstatného parametru v letectví: tah/hmotnost. V celkovém řetězci jsou viditelné obrazové modely četných úloh – rozporů, které vynálezce překonal a dosáhl zvýšení tahu i snížení hmotnosti, tzn. zvýšení poměru tah/hmotnost.

Za sestaveným řetězcem obvykle následují slovní formulace jednak četných technických rozporů (TR) a soupis inspirativních, tj. použitelných invenčních principů (IP) doporučovaných řešiteli k překonání technických rozporů, jednak formulace fyzikálních rozporů (FR) a soupis inspirativních, tj. použitelných separačních postupů doporučovaných řešiteli k vyřešení fyzikálních rozporů. Tuto část příkladu zde již neuvádíme z důvodu omezeného prostoru. Podrobnější popis lze dohledat (Katolický, 2014).

Přestože RCA+ byl vyvinut jako technika k podpoře analytické fáze TRIZ procesu, dnes tuto techniku mnozí shledávají jako užitečnou pro analýzu a vizualizaci komplexních problémů a jako samostatný analyticko-řešitelský nástroj, a to nejen v technice, ale i v managementu či v podnikání.

Sestavování RCA+ diagramu probíhá neefektivněji v týmu řešitelů. Přepokládá se velmi dobrá předmětná znalost řešené problematiky a metodická znalost, jak sestavovat RCA+ diagram. Sestavení RCA+ diagramu problémové situace vyžaduje následující kroky:

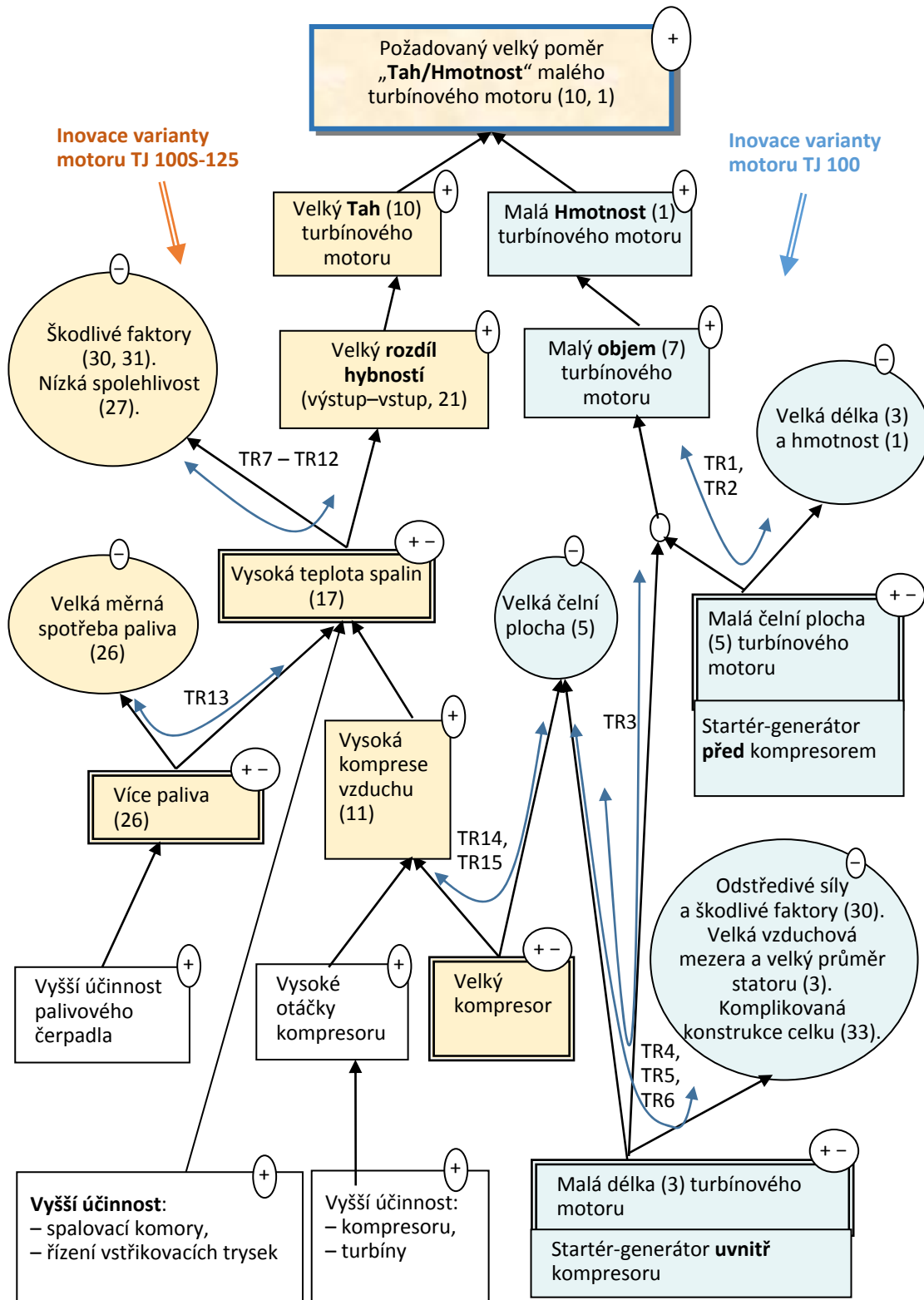
1. Krok 1: Stanovte nežádoucí nebo žádoucí událost, jejíž dílčí příčiny hodláte zkoumat. Začnete kreslit RCA+ diagram shora dolů.
2. Krok 2: Klad'te si opakovaně otázku „Co je příčinou výskytu této události?“, abyste odhalili postupně všechny možné bezprostřední příčiny této události.
3. Krok 3: Po identifikaci první příčiny v kroku 2 zkontrolujte, jestli tato příčina je jedinou podmínkou dostatečnou pro vznik zkoumané události. V mnoha situacích jediná příčina není dostatečná, obvykle ke vzniku zkoumané události jsou potřebné dvě (nebo více) spolupůsobící „příčiny“.
4. Krok 4: U každé příčiny zvlášt' se ptejte, jestli přispívá, kromě ke vzniku zájmové pozitivní události, také ke vzniku nějakého negativního následku. V případě zkoumání negativní události se ptejte, zda právě posuzovaná negativní příčina přispívá také k nějakému pozitivnímu následku.
5. Krok 5: U každé pozitivní příčiny vedoucí ke vzniku pozitivní události pokračujte kladením otázky „Co je příčinou této pozitivní příčiny?“ U každé negativní příčiny vedoucí ke vzniku negativní události pokračujte kladením otázky „Co je příčinou výskytu této negativní příčiny?“

Postupně tímto způsobem – shora dolů – budujte strom (RCA+diagram) problému.

Ukončete rozvíjení řetězce v jednotlivých negativních příčinách, když buď:

- Dospěli jste k neměnitelné příčině, která je požadavkem nebo podmínkou, které nelze změnit, například, je to bezpečností požadavek nebo je to nějaká nutná podmínka technické specifikace, nebo věc legislativy nebo neovlivnitelný rys lidského chování.

- Dospěli jste ke kombinované příčině, příčině, která přispívá jak k pozitivnímu tak k negativnímu následku? To je to, co nazýváme „kořenová rozporná příčina“ (root conflict) nebo „kořenový rozpor“ (root contradiction). Avšak někdy bývá užitečné i tento rozpor hlouběji analyzovat, abychom zkoumali ještě hlubší příčiny.



Obr. 4: Sestavený celkový RCA+ diagram příčin vedoucích k cílové žádoucí události včetně zviditelněných rozporů technických a fyzikálních (Katolický, 2014)

8 Závěr

Nahodilý způsob hledání a nalézání řešení problémů (inovačních zadání) založený na intuici a metodě pokusů a omylů známe všichni a každý ho jistě v nějaké situaci použil. Je to nejjednodušší způsob řešení problémů a lidské pokolení tento způsob muselo používat odjakživa prostě proto, že žádný jiný nebyl k dispozici.

V dnešní době složité techniky je adekvátní používat náročnější metodiky – podporující důkladnou analýzu zájmového objektu (problému), abychom zjistili co a proč řešit a potom metodiky – podporující znalosti a tvořivost řešitele zobecněnými metodickými doporučeními.

Poděkování

Publikace vznikla v Centru výzkumu a využití obnovitelných zdrojů energie (CVVOZE) za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I (projekt č. LO1210).

Použité zdroje

DEVOJNO, Igor, 2013. *Zdokonalování technických systémů metodikou TRIZ (Tvorby a řešení inovačních zadání)*. Brno: INDUS, 2013.

ŠUŠKOV, Valerij, 2014. *Příčiny a následky problémových situací*. Brno: INDUS, 2014.

KATOLICKÝ, Zdeněk, Bohuslav BUŠOV a Milada BARTLOVÁ. Turbojet Engine Innovation and TRIZ. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Mechatronics – Mechatronika 2014*. Brno: Brno University of Technology, 2014, s. 16–23. ISBN 978-80-214-4817-9.

Trizing | Tvorba a Řešení Inovačních Zadání [online]. 2012 [cit. 2015-04-015]. Dostupné z: <http://www.triz.cz/>

doc. Ing. Bohuslav Bušov, CSc.

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií,

Vysoké učení technické v Brně

Technická 12, 616 00 Brno, Česká republika

E-mail: busov@feec.vutbr.cz

Telefon: +420 541 146 734

doc. RNDr. Milada Bartlová, Ph.D.

Ústav fyziky, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně

Technická 8, 616 00 Brno, Česká republika

E-mail: bartlova@feec.vutbr.cz

Telefon: +420 541 143 431