

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní

**Czech Technical University in Prague,
Faculty of Mechanical Engineering**

Ing. Vladimír Andrlík, CSc.

Konstrukce manipulátoru pro práci v extrémních podmínkách

Design of Manipulator for Operation in Extreme Conditions

Summary

The task of designer during own design process of any new product generally, is to link up the needs of theory and practice and to objectify the results of conceptual works given by his train of thought. In this case a new technical object characterized by very wide and complicated contents and span is being gradually created – the manipulator for operation under extreme conditions that must reliably fulfil specific working regimes and applications in particularly challenging environment.

Souhrn

Při konstrukci obecně jakéhokoli nového výrobku je úkolem konstruktéra sloučit potřeby teorie a praxe a objektivizovat výsledky koncepčních prací, které vyplývají z jeho myšlenkového postupu. Dochází tak k postupné tvorbě nového technického objektu, v tomto případě svým rozsahem a obsahem velmi složitého – manipulátoru pro práci v extrémních podmínkách, který musí spolehlivě plnit konkrétní úkoly a aplikace v prostředí mimořádné náročnosti.

Klíčová slova: Manipulátor, extrémní podmínky, prostředí radiace, prostorové požadavky, polohovací ústrojí, orientační ústrojí, teleskopické rameno, výstupní hlavice, pohonné jednotky, řízení manipulátoru.

Keywords: Manipulator, Extreme Conditions, Nuclear Radiation Environment, Spatial Requirements, Positional System, Orientation System, Telescopic Arm, End Effector, Propulsion Units, Manipulator Control.

České vysoké učení technické v Praze

Název: Konstrukce manipulátoru pro práci v extrémních podmínkách

Autor: Ing. Vladimír Andrlík, CSc.

Počet stran: 24

Náklad: 170 výtisků

© Vladimír Andrlík, 2005

ISBN

Obsah

Summary	2
Souhrn.....	3
Obsah.....	5
1 ÚVOD	6
2 PROBLEMATIKA VZNIKU NOVÉ KONSTRUKCE.....	6
2.1 Etapy života manipulátoru.....	6
2.2 Podmínky pro konstrukční řešení a postup při řešení úlohy	8
2.3 Morfologický přístup ke konstruování	9
3 ROZBOR KONSTRUKCE MANIPULÁTORU PRO PRÁCI V EXTRÉMNÍCH PODMÍNKÁCH	11
3.1 Prostorové požadavky	11
3.2 Polohovací ústrojí	11
3.3 Orientační ústrojí	12
3.4 Výstupní hlavice	12
3.5 Volba pohonů	13
3.6 Řízení manipulátoru	14
3.7 Odvození typu manipulátoru	15
4 PROSTŘEDÍ RADIACE	17
5 HAVARIJNÍ SITUACE.....	18
5.1 Havarijní situace provozní.....	18
5.2 Havarijní situace nahodilé	18
6 ZÁVĚR.....	20
Literatura	21
Jméno autora a jeho CV	23

1 ÚVOD

Moderní manipulační prostředky s různou úrovní funkce se uplatňují nejen v průmyslové výrobě. Prostor aplikací těchto prostředků se explozivně zvětšuje. V současné době lze uvést několik ohraničených oblastí, kde probíhá vývoj těchto zařízení na základě jistých specifických podmínek souvisejících oborů. Jde zejména o tyto aplikační oblasti:

- rizikové operace v kosmu, pod mořskou hladinou, na zemi
- zdravotnictví, chirurgické lékařství
- stavebnictví, zemědělství
- průmysl, doprava

Zaměříme v dalším pozornost na konstrukci manipulátoru pro práci v extrémních podmínkách. Jedná se o první uvedenou skupinu. Tato manipulační technika převyšuje svými finančními nároky cenu manipulátorů s obdobným funkčním rozsahem pro běžné průmyslové podmínky činnosti. Při konstrukci manipulátorů této kategorie je nutno přihlídnout k specifickým podmínkám použití, k bezpečnosti provozu, k případnému výskytu nahodilých poruch, k eliminaci provozních poruch (nehod), ke způsobu jejich odstranění, ke způsobu zálohování základních provozních funkcí, k odolnosti použitých komponent, provozních medií, maziv vůči nepříznivému působení okolního prostředí.

Z výše uvedeného vyplývají mimořádné nároky na konstrukci manipulátoru určeného pro práci v extrémních podmínkách. Pokusme se v dalším provést rozbor vzniku takovéto konstrukce a následně faktorů, působících v návrhové fázi tohoto velmi složitého technického objektu.

2 PROBLEMATIKA VZNIKU NOVÉ KONSTRUKCE

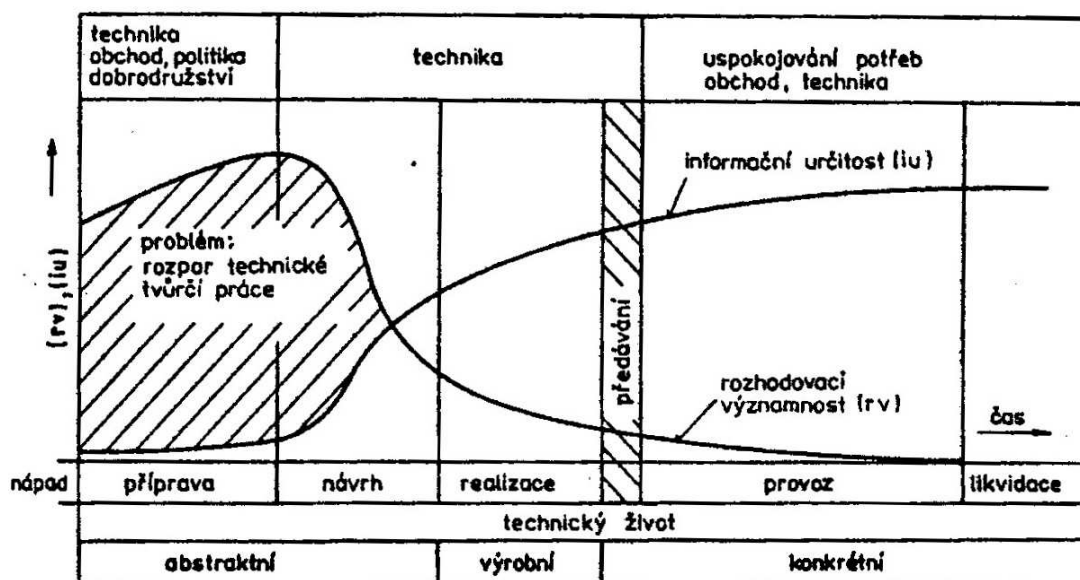
Ucelená analýza stavby manipulátorů je klíčová pro pochopení jejich kinematické struktury, pro specifické podmínky použití. Tyto podmínky velmi často vytvoří situaci, kdy jsme postaveni před úkol: náhrada člověka (případně motorických funkcí paže, ruky) v podmínkách pro něj neakceptovatelných z hlediska nejen extrémního prostředí, ale často i přesnosti pohybů, hmotnosti, velikosti zátěže apod.

2.1 Etapy života manipulátoru

V této fázi stojíme na samém počátku etapy života manipulátoru, obecně technického objektu. Připomeňme si souslednost etap života, kterým se nevyhne žádný technický objekt. Jedná se o:

návrh – realizaci – předání – zkušební provoz – poznání – zpětnovazební úpravy – rutinní provoz – ukončení provozní etapy – likvidace (recyklace)

Připomeňme proto průběh základních etap technického života manipulátoru, coby technického objektu, a průběhy rozhodovací významnosti – rv – (váha rozhodnutí) a informační určitosti – iu – (váha informace). Tuto situaci lze přehledně znázornit graficky dle *obr.2.1* [17].



Obr.2.1 Základní etapy technického života objektu a průběhy rozhodovací významnosti a informační určitosti

Z grafu je patrný průběh rozhodovací významnosti (rv) v závislosti na čase života technického objektu. Je zřejmé, že jeho váha v této závislosti prudce klesá s ukončením návrhové fáze. Význam rozhodnutí je samozřejmě nejzásadnější při vzniku a tvorbě základní koncepce. Z grafu je patrný již zmiňovaný rozpor mezi informační určitostí (iu) a samotným rozhodnutím, což je základní problém každého tvůrčího pracovníka. Po proběhnutí této etapy je již prakticky rozhodnuto o užitné hodnotě výrobku, další manévrovací prostor je nevelký. Návrhová fáze je proto při vzniku každé nové konstrukce klíčová.

2.2 Podmínky pro konstrukční řešení a postup při řešení úlohy

Úspěšné vyřešení úkolu v jakémkoliv strojním oboru předpokládá splnění tří základních podmínek:

- odborné znalosti, zkušenosti a schopnosti spojené s osobností konstruktéra
- dodržení určitého systematického postupu – tzv. metodiky konstruování
- vhodné vnější podmínky, především pak dostatek informací

Při samotné konstrukční návrhové činnosti je nutné řešit:

- požadovanou funkci, tj. navrhnout funkční princip
- zkonstruovat zařízení, které při splnění výše požadované funkce dále respektuje požadavky: technické, technologické, pevnostní, cenové, provozní, bezpečnostní apod.

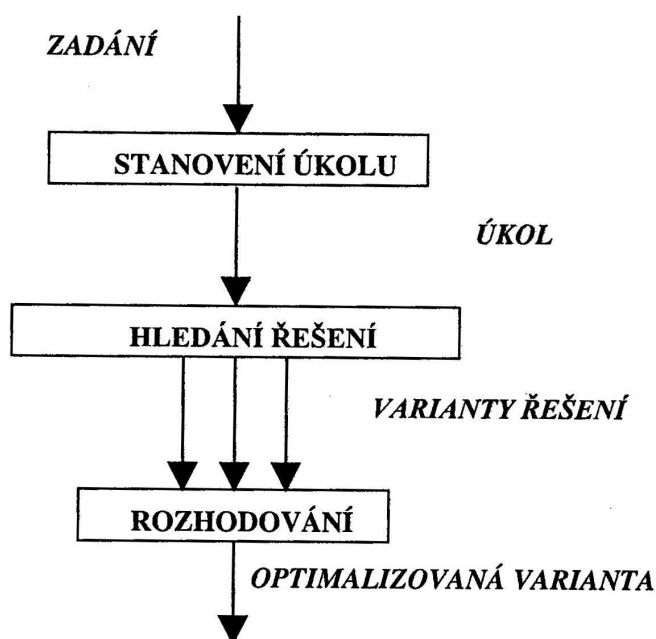
Před konstruktérem pak stojí rozhodnutí, kterou cestou zvládne daný problém:

- 1) zdokonalením či rekonstrukcí stávajícího technického zařízení při zachování známé koncepce řešení
- 2) řešení koncepčně nových zařízení při použití známého funkčního principu
- 3) řešení zcela nových zařízení při použití nových funkčních principů
- 4) kombinací výše uvedeného

Činnost konstruktéra pak lze rozdělit do tří na sebe navazujících operací:

- 1) formulování úlohy
- 2) hledání řešení
- 3) určení optimálního řešení z nalezených variant

Tento postup je znázorněn ve formě vývojového diagramu na *obr. 2.2*.



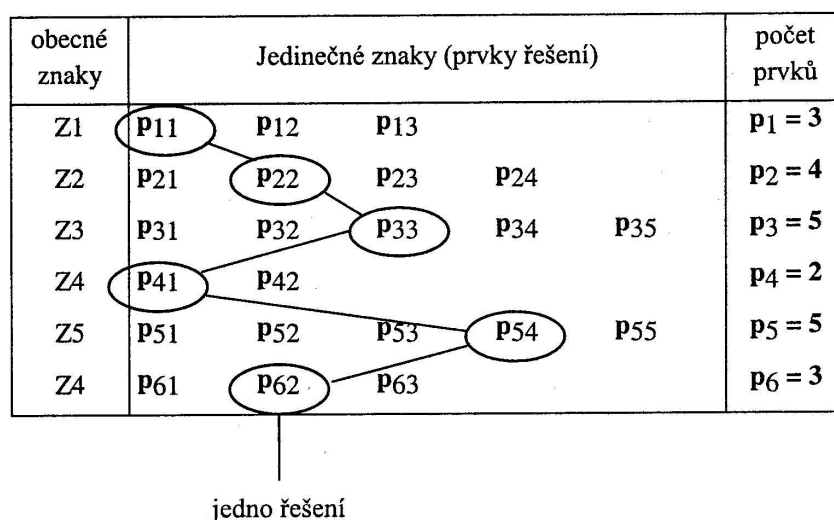
Obr. 2.2 Základní operace konstruování

2.3 Morfologický přístup ke konstruování

Morfologický přístup ke konstruování znamená nejprve sestavit úplnou strukturu systému problému a teprve poté začít vytvářet možnosti řešení. Obvyklý proces řešení problému se skládá z prostupu čtyřmi základními fázemi:

- definice problému
- analýza
- syntéza
- zpracování řešení

Morfologický přístup zavádí do procesu řešení problému vytvoření morfologické matice (viz obr. 2.3).



Obr. 2.3 Příklad zápisu obecné morfologické matice

Morfologická analýza vychází z těchto zásad:

Řešený problém je nutno přesně formulovat (např. přesné určení funkcí technického objektu).

Všechny parametry, které se nacházejí nebo vstupují do daného problému, musí být lokalizovány a charakterizovány.

Sestaví se morfologická matice obsahující všechna řešení daného problému.

Všechna řešení, která jsou obsažena v morfologické matici, jsou podrobena rozboru a vyhodnocena vzhledem k účelu, jehož má být dosaženo.

Jsou vytríděna a vybrána nejlepší řešení za předpokladu, že jsou k dispozici potřebné prostředky.

Výhody morfologické analýzy lze shrnout do několika bodů:

Uplatnění při předvídání radikálních konstrukčních řešení.

Morfologický přístup kombinuje všechna možná teoretická řešení. Tím se vylučuje rušivý vliv neinformovanosti, strnulosti v myšlení a předsudků.

Vytváření systematicky utříděných podkladů jako zdroje představ o netradičních technických informacích.

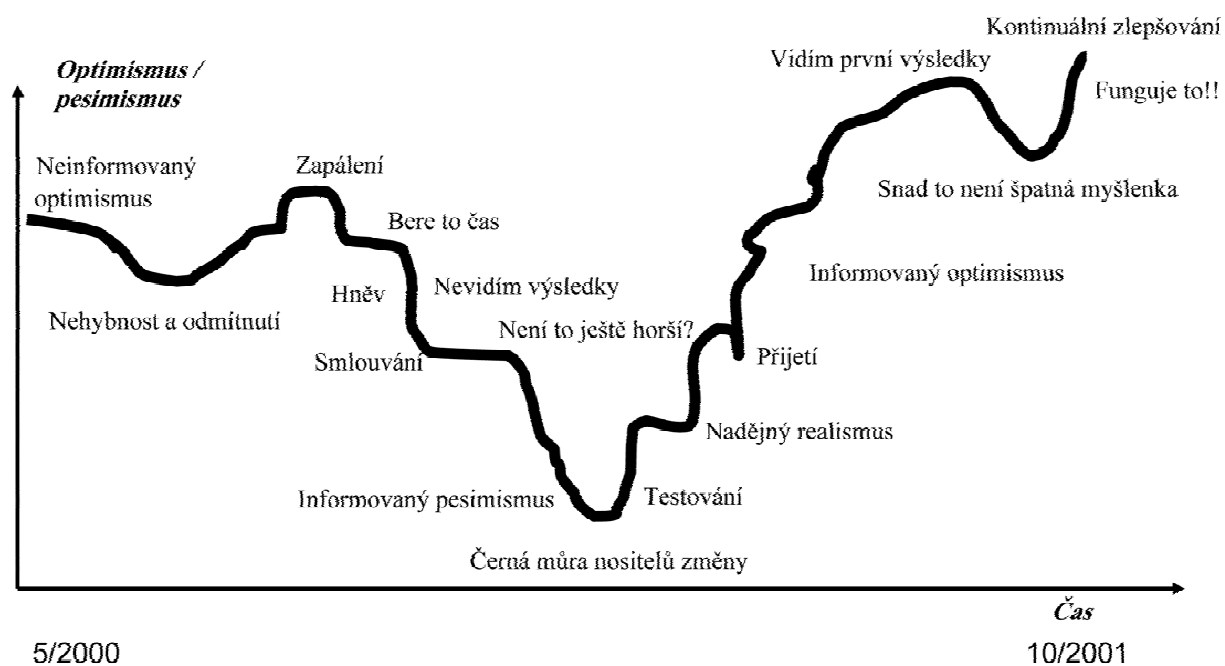
Sestavování morfologických matic se osvědčilo nejen při řešení technických problémů, ale i společenských.

Systémový charakter umožňuje návaznost na konstrukci stromu významnosti užívaného v hodnotové analýze nebo na metodu multikriteriálního hodnocení variálních řešení (bázické bodovací metody).

Morfologická analýza nachází uplatnění ve složitějších, dosud neprobádaných soustavách, kdy dodržením zásady předem nevylučovat zdánlivě nesmyslná řešení lze podněcovat tvůrčí myšlení a nalézt tak radikálně nová.

Výše uvedený rámcový rozbor problematiky konstruování naznačuje, jakým procesem musí projít každý nově vyvinutý výrobek z hlediska myšlenkového procesu tvůrčího týmu. Samotné úspěšné završení tohoto procesu v podobě spolehlivého a bezpečného provozu technického objektu je největší odměnou tvůrčím pracovníkům, prodírajících se nelehkou cestou vzniku nového výrobku.

K dokreslení celé rozsáhlé problematiky, která vždy nastává při vzniku a zavedení nového výrobku, je možné uvést ještě průběh úrovně optimismu – pesimismu v tvůrčím kolektivu, v závislosti na čase (viz obr.2.4).



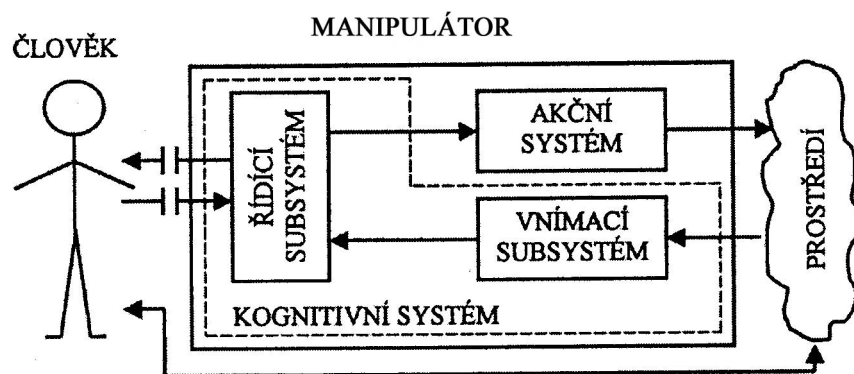
Obr. 2.4 Průběh úrovně optimismu – pesimismu při vzniku nového výrobku

3 ROZBOR KONSTRUKCE MANIPULÁTORU PRO PRÁCI V EXTRÉMNÍCH PODMÍNKÁCH

Proveďme v dalším rámcový rozbor konstrukce manipulátoru pracujícího v extrémním prostředí a dokumentujme jednotlivé kroky na zcela konkrétním výrobku, manipulátoru pro jaderný výzkum.

3.1 Prostorové požadavky

Prostorové požadavky mají vazbu na prostředí, ve kterém manipulátor pracuje, a na vykonávanou činnost. Je zřejmé, že dochází ke vzájemné vazbě člověk – prostředí přes konstruovaný manipulátor. Tuto vazbu můžeme znázornit dle *obr.3.1*.



Obr. 3.1 Systémové pojetí manipulátorů

Způsob vykrytí požadovaného prostoru je určujícím faktorem pro přijetí základního kinematického řetězce.

3.2 Polohovací ústrojí

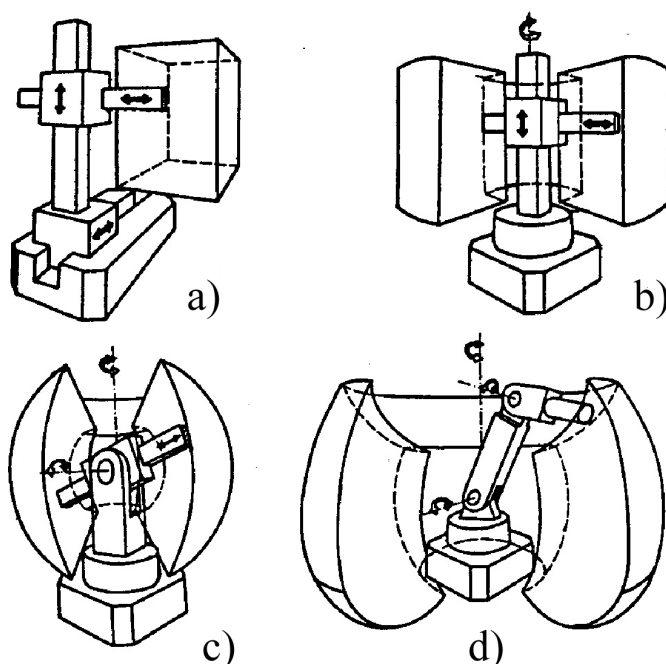
Podle vzájemného propojení základního kinematického řetězce z translačních a rotačních pohybů, lze získat čtyři základní typy spojení kinematických dvojic :

1. Spojení tří translačních kinematických dvojic (TTT)
2. Spojení jedné rotační a dvou translačních kinematických dvojic (RTT)
3. Spojení dvou rotačních a jedné translační (RRT)
4. Spojení tří rotačních kinematických dvojic (RRR)

Dostáváme tak základní tvary pracovních prostorů :

- a) Kartézský (pravoúhlý) pracovní prostor
- b) Cyklindrický (válcový) pracovní prostor
- c) Sférický (kulový) pracovní prostor
- d) Multiúhlový (angulární) pracovní prostor

Na obr.3.2 jsou tyto pracovní prostory znázorněné.



Obr.3.2 Schematické znázornění základních pracovních prostorů

3.3 Orientační ústrojí

Orientační ústrojí manipulátoru je opět řešené podle výše uvedených základních typů spojení kinematických dvojic. Dochází zde k účelovému propojení translačních a rotačních pohybů. Získáváme tak vlastně další schopnost manipulátoru, schopnost jemné motoriky. Jestliže polohovací ústrojí zajistí pohyb při třech stupních volnosti do požadovaného místa obsluhovaného prostoru, uchopený a manipulovaný předmět musí být patřičně orientován, respektive musí být orientována výstupní hlavice, aby byla schopna manipulovaný předmět vhodným způsobem uchopit.

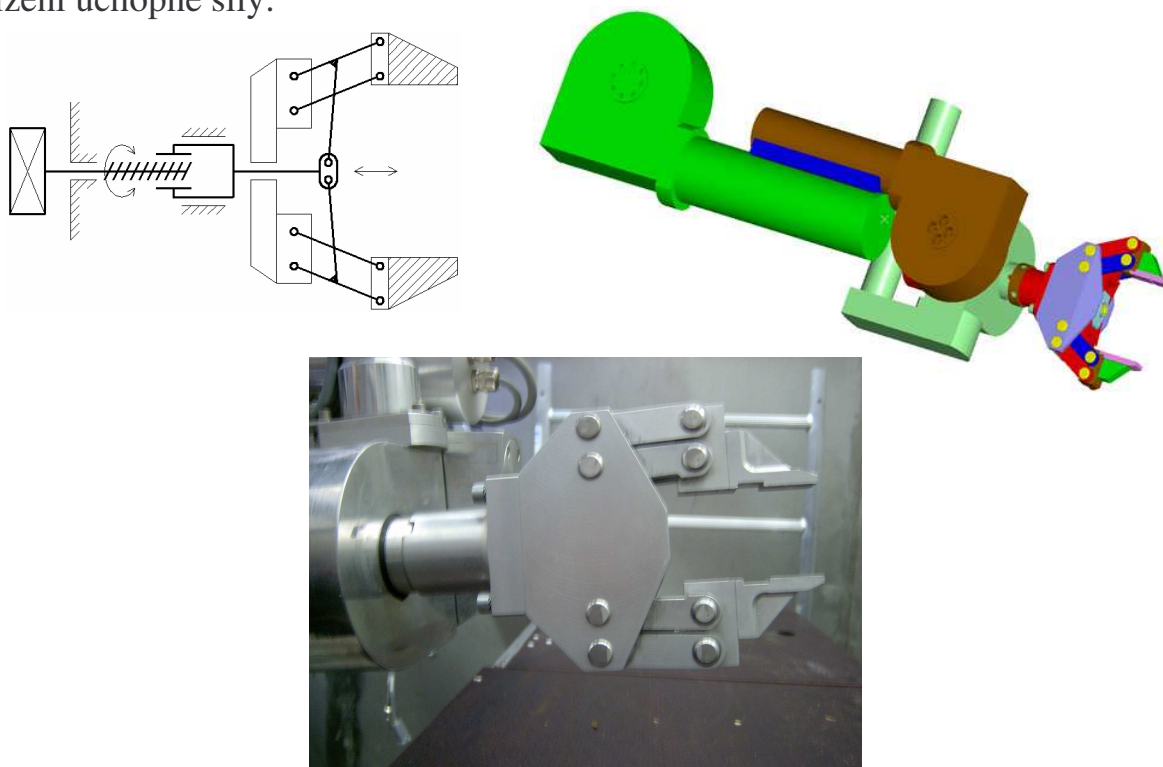
Orientační ústrojí je pouze „doplněním“ manipulátoru pro umožnění nejen polohy předmětu, ale i jeho orientace. Přestože obecná poloha tělesa v prostoru je dána šesti stupni volnosti, z toho třemi translačními a třemi rotačními pohyby, nelze pro manipulační pohyby užít těchto kombinací vždy. Orientační ústrojí je nutno konstruovat převážně z rotačních kinematických dvojic, výjimky mohou být dány speciální konkrétní potřebou konstrukčního případu.

3.4 Výstupní hlavice

V případě konstrukce manipulátoru pro extrémní podmínky jsou kladeny na úchopné vlastnosti většinou univerzální požadavky. Jedná se prakticky o „vnoření“ náhrady lidské ruky do prostředí pro člověka nepřijatelného. Tímto se automaticky přijímá požadavek použití aktivní úchopné hlavice.

Ruku člověka je možné pokládat, při velmi zjednodušeném pohledu, za mechanickou úchopnou hlavici s pěti aktivními prvky (prsty) a jedním prvkem pasivním (dlaň). Pro potřebu manipulátoru v extrémních podmínkách je možné vystačit s menším počtem aktivních členů. To záleží především na požadované činnosti. Čím větší požadavek univerzality je na manipulátor kladen, tím více je nutné se přibližovat k univerzální úchopné hlavici, přibližující se svojí konstrukcí lidské ruce.

Na *obr.3.3* je znázorněná úchopná hlavice dvoučelist'ová, se schopností řízení úchopné síly.



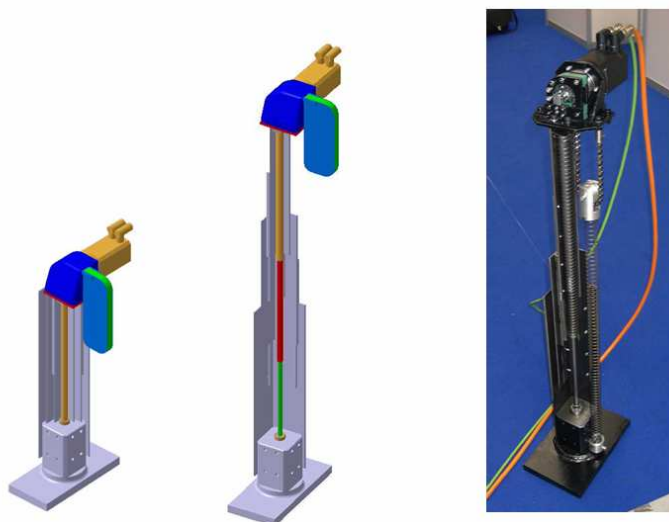
Obr. 3.3 Úchopná hlavice dvoučelist'ová – návrh – model – realizace

3.5 Volba pohonů

Obecně lze použít pohon: mechanický, elektrický, pneumatický, hydraulický, kombinovaný. Práce v extrémních podmínkách často vylučuje pohony tekutinové (hydraulické, pneumatické) z důvodů extrémních teplot, radiace apod. V těchto případech vyvstávají přednosti pohonu elektrického. Ten se uplatňuje v konstrukci manipulátorů nepřevyšujících nosnost 200 kg, v případech vysokých nároků na složitost manipulačních operací se spojitým řízením pohybů.

Na *obr.3.4* je znázorněn pohon tažným – tlačným řetězem pole vynálezu č.295950 [22]. Řetěz, poháněný elektrickým pohonem, je vsouván do omezeného prostoru, který znemožňuje jeho vybočení při tlakových účincích. Tento pohon je velmi dobře využitelný pro libovolné translační pohyby,

především pak jako pohon pro výsuvná teleskopická ramena pracující v mimořádně náročném prostředí.

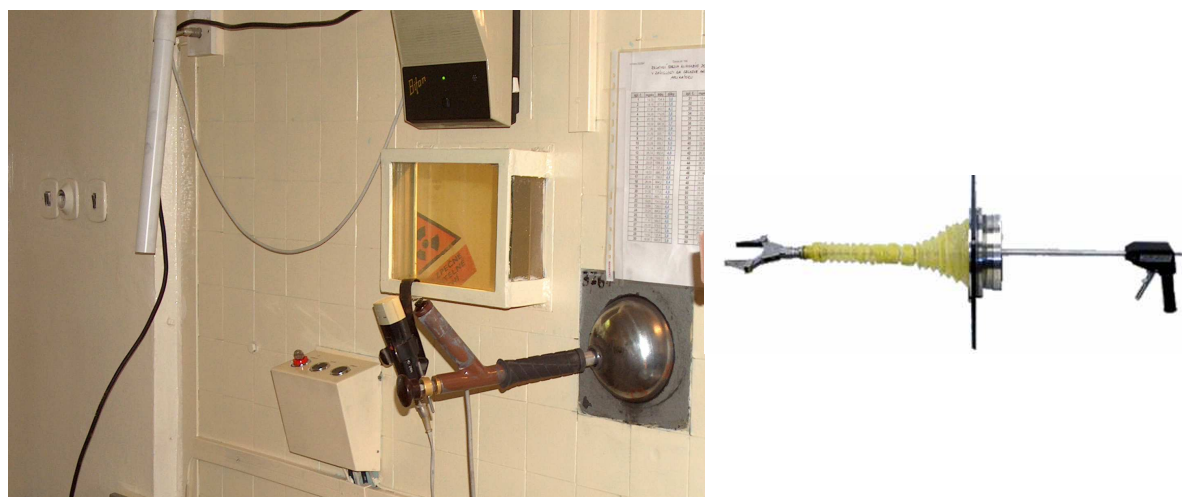


Obr.3.4 Pohon tažným – tlačným řetězem podle vynálezu

3.6 Řízení manipulátoru

Činnost manipulátoru pro práci v extrémních podmínkách je řízena převážně ručně na základě přímých vizuálních informací nebo vizuálních informací zprostředkovaných televizní kamerou. V současné době jsou v provozu manipulátory s výhradně otevřenou kinematickou strukturou. Používají se dvě možnosti pohybových jednotek.

V prvním případě jsou pohyby ovládacích pák, obsluhovaných operátorem, přímo mechanicky přenášeny na pohybové jednotky manipulátoru. Tato koncepce je přijatelná pro manipulátory s menší nosností – zpravidla do úrovně hmotnosti břemena cca 5 kg (*obr.3.5*) [3].



Obr. 3.5 Přímý přenos pohybů operátor – manipulovaný předmět

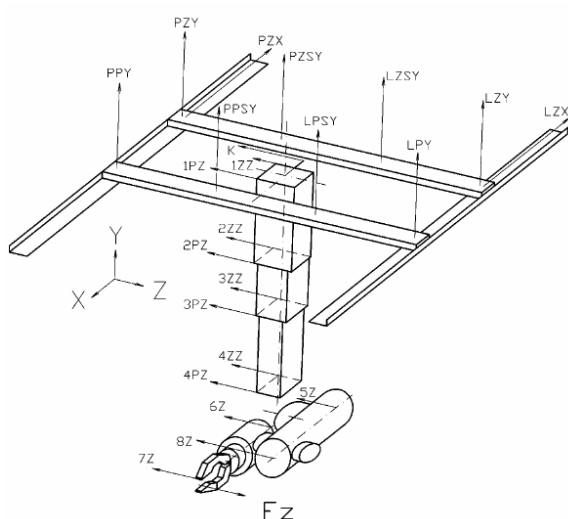
Druhá možnost využívá motorický pohon na základě ručního servoovládání s kopírováním pohybů manipulátoru na základě sledování situace v pracovním prostředí (obr.3.6) [2].



Obr.3.6 Ruční servoovládání motoricky poháněného manipulátoru

3.7 Odvození typu manipulátoru

Navrhovaný manipulátor má pak kinematický řetězec, který je odvozen propojením polohovacího a orientačního ústrojí. Dostáváme tak nejrůznější stavby manipulátoru podle způsobu použití (obr.3.7).



Obr.3.7 Příklad stavby manipulátoru pro jaderný výzkum

Koncepce a kinematika pohybových částí manipulátoru pro extrémní podmínky vychází z umělé reprodukce motorických funkcí lidské ruky (včetně paže). Jedná se proto vlastně o vhodné utřídění pohybů manipulátoru podle pohybů člověka. Rozlišujeme tak pohyby manévrovací, operační a suboperační. Z tohoto pohledu je patrné výše uvedené rozdělení, kdy se v kinematickém

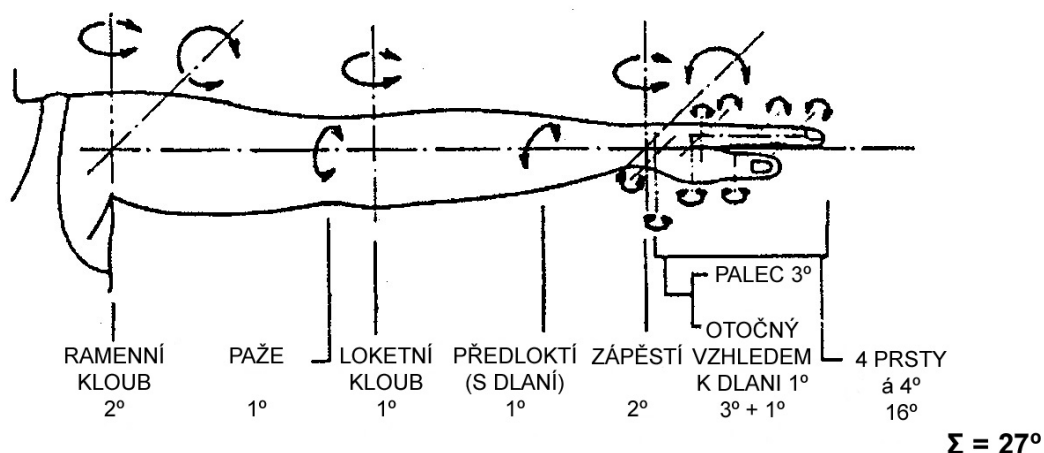
mechanismu nacházejí dvě části s různou funkční úlohou – úchopná hlavice se svými klouby určuje orientační schopnost manipulátoru (RRR) (kap. 3.3), zbývající části mechanismu podmiňují tvar a rozměry operačního a manévrovacího prostoru a manévrovací schopnost manipulátoru (TTT(R)) (kap. 3.2).

Ruka člověka je schopna provádět velký počet různých úkonů. Předměty tvarově prakticky neomezené můžeme uchopit mnoha způsoby (omezení se však týká velikosti a hmotnosti břemene). Z tohoto hlediska je zatím ruka člověka nedostižným vzorem pro konstrukci mechanických úchopných hlavic. Samotná konstrukce manipulátoru však umožňuje překonat bez větších problémů omezení v maximální hmotnosti, případně rozměru manipulovaného předmětu (obr.3.8).

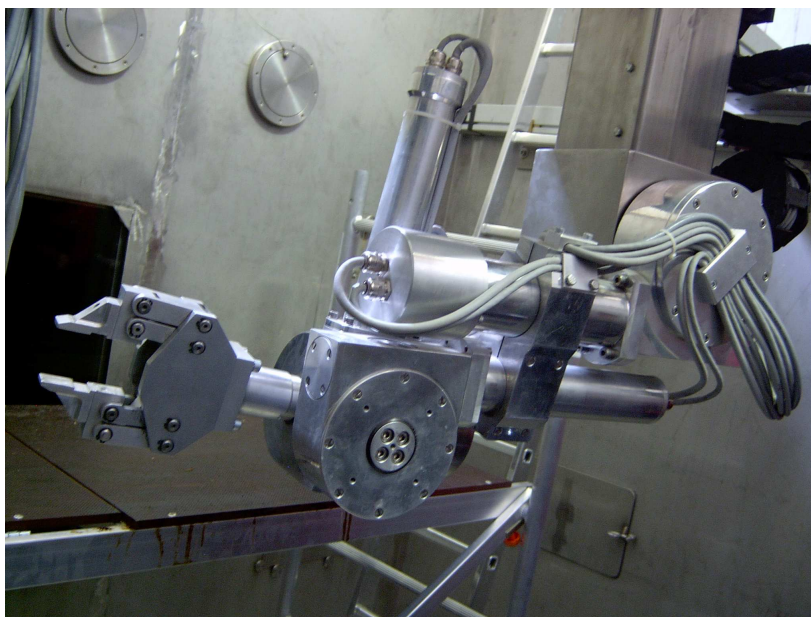


Obr.3.8 Manipulace s břemenem o „minimální“ a maximální hmotnosti

Technické omezení v konstrukci manipulátoru pro extrémní podmínky je patrné na příkladu, kdy porovnáme počet stupňů volnosti lidské ruky, která má od ramenního kloubu po konce všech prstů celkem 27 stupňů volnosti (obr.3.9), a „její“ náhrady v případě manipulátoru pro jaderný výzkum, která dosahuje i s polohovacím ústrojím 7 stupňů volnosti obr 3.10.



Obr. 3.9 Kinematické schéma lidské paže a ruky



Obr.3.10 Ruka manipulátoru

Z uvedeného je zřejmé, že k manévrovací schopnosti lidské ruky je možné se pouze více či méně přiblížit podle účelu manipulátoru a použitých technických prostředků. Nadbytek stupňů volnosti lidské ruky je v mnoha případech nevyužitelný.

Samotný způsob provedení konstrukce pak musí reagovat na nepříznivé důsledky extrémního prostředí – extrémní teploty, radiační záření, silně korozivní prostředí, kapalinné či prašné prostředí – těsnost, tlaková odolnost proti přetlaku vodního sloupce atd.

4 PROSTŘEDÍ RADIACE

Radiační prostředí je pro konstrukci manipulátoru v extrémních podmínkách považováno za jednu z nejvíce komplikovaných podmínek řešitelské úlohy. Jedná se nejen o velmi agresivní prostředí z hlediska koroze, ale především z hlediska krátkodobého i dlouhodobého radiačního působení na použitý materiál, plasty, maziva, hydraulické náplně, citlivé prvky řídicí části manipulátoru, snímače, pohony, vodiče atd. Nemalý problém přináší dekontaminace manipulátoru a celého prostoru, ve kterém pracuje.

Samotný uzavřený prostor musí být radiačně odstíněný, operátor ovládající manipulátor na základě vizuálních podnětů se nachází za odstíněným průzorem, případně děj sleduje na obrazovce prostřednictvím kamer. V uzavřeném prostoru je trvale udržován podtlak a konstantní teplota, zálohování agregátů je samozřejmostí. Vnitřní stěny jsou prosté výstupků,

vyrobeny z leštěných antikoročních plechů. Samotná konstrukce manipulátoru bývá krytována dekontaminační folií (obr.4.1).



Obr. 4.1 Krytování konstrukce manipulátoru dekontaminační folií, před umístěním do pracovního prostoru

5 HAVARIJNÍ SITUACE

5.1 Havarijní situace provozní

V případě použití manipulátoru v extrémních podmínkách nastává vždy složitý případ, když dojde v provozu k jakékoli nestandardní situaci. Tyto případy je nutné omezit na minimum, až vyloučit již samotnou konstrukcí manipulátoru a také prostoru, ve kterém pracuje, je-li to možné. Například při manipulaci s radioaktivním materiálem je nepřípustné, aby se v případě nechtěného uvolnění radioaktivního břemene z pracovních čelistí břemeno dostalo do míst, ze kterých ho pracovní hlavicí nelze uchopit. Tomu zabráňujeme nejen vhodnou skladbou kinematického řetězce manipulátoru, ale také případným vykrytováním ostrých rohů, či nepřístupných míst, pokud existují. Při samotné konstrukci manipulátoru je proto nepřípustné, aby takovýto provozní havarijní případ nebyl řešitelný.

5.2 Havarijní situace nahodilé

Konstrukce manipulačního zařízení v extrémních podmínkách musí také počítat s havarijními případy nahodilými a mnohdy nepředvídatelnými (porucha pohonů, materiálová vada, souhra nepříznivých účinků vedoucích k havárii atd.) Za tímto účelem je nutné mít k dispozici havarijní manipulační prostředky na

odstranění dané nepříznivé situace, případně na eliminaci nepříznivých důsledků.

V případě manipulátoru pro jaderný výzkum máme k dispozici jednoduché tyčové manipulátory (*obr.5.1*), které jsou schopny po umístění do některého ze zakrytovaných otvorů na stěně pracovního prostoru obsáhnout místo daného defektu a nepříznivou situaci tak řešit. Je zřejmé, že aktivní přítomnost člověka v daném místě je z důvodu radiace nemyslitelná (*obr. 5.2*) [4].



Obr.5.1 Příklad jednoduchého tyčového manipulátoru



Obr.5.2 Pohled do odkrytého pracovního prostoru manipulátoru v jaderném výzkumu, na stěně jsou patrné otvory pro havarijní prostředky a průzor operátora

6 ZÁVĚR

Rozsah problematiky při navrhování manipulátorů pro práci v extrémních podmínkách je velice obsáhlý. Oproti návrhu „běžných konstrukcí“ se zde objevuje fenomén mimořádných podmínek okolního prostředí, který má neblahý vliv jak na samotnou konstrukci, tak na použité pohony, snímače apod. V řadě případů tyto extrémní podmínky určitá lákavá konstrukční řešení zcela vyloučí. Kategorie výše uvedených manipulátorů bývá velmi často svázána požadavkem práce ve stísněných podmínkách. V těchto případech se s výhodou uplatňují nejrůznější výsuvné teleskopické prvky. Nemalým problémem takovýchto konstrukcí pak bývá tuhost konstrukce, především styková tuhost, poněvadž počet vazeb jednotlivých prvků konstrukce převyšuje počet vazeb použitých v konstrukci pracující ve „volném“ prostoru. Touto problematikou se podrobněji zabývá práce [1].

Významná je také snaha o vytváření nových nekonvenčních pohonů pro tuto kategorii manipulátorů, ať již pro rotační či translační pohybové jednotky. Sem nepochybně spadá i originální návrh použití nekonvenčního řetězu pro tahové a tlakové účinky [22].

Při navrhování tak složitého technického objektu, jako je manipulátor pro práci v extrémních podmínkách, je nutné pracovat s poznatky, které jsou systematicky zpracované. Postup konstruktéra pak reaguje systémovým přístupem, kdy se přizpůsobuje potřebám teorie a praxe, s přísnou objektivizací výsledků koncepčních prací, vyplývajících z myšlenkového postupu. Tohoto cíle lze dosáhnout jen důsledným využitím objektivizujících postupů a metod.

Předkládaná práce na výše uvedenou problematiku, vždy přítomnou při vzniku jakékoli nové konstrukce, stručnou formou upozorňuje a snaží se toto dokumentovat na vzniku konstrukce unikátního manipulátoru pro jaderný výzkum.

Literatura

- [1] Andrlík, V.: Koncepce manipulátoru pro extrémní podmínky v omezeném prostoru, Habilitační práce, FSI ČVUT, Praha, 2005
- [2] Andrlík, V.: Konstrukce manipulátoru pro HK ETE, Předávací zpráva, číslo zprávy 310 002, FSI ČVUT, Praha, 5/2001
- [3] Andrlík, V.: Mechanický teleskopický manipulátor pro aplikaci gama - zářičů, Předávací zpráva, číslo zprávy 312 031, FSI ČVUT, Praha, 3/2002
- [4] Andrlík, V.: Mechanický teleskopický manipulátor pro aplikaci gama – zářičů, číslo zprávy 312 032, FSI ČVUT, Praha, 3/2002
- [5] Andrlík, V.: Uplatnění lékařského manipulátoru, Inovace 2002 – 9. mezinárodní symposium s výstavou, Praha, 12/2002
- [6] Andrlík, V.: Využití teleskopického ramene v manipulační technice, Inovace 2002, 9. Mezinárodní symposium, Praha, 12/2002
- [7] Andrlík, V. a kol. : Manipulátor s paralelní kinematickou strukturou, FSI ČVUT, Praha, 2004
- [8] Andrlík, V., Jurda, P.: Pohon teleskopického ramene nekonvenčním řetězem, 6. Mezinárodní vědecká konference, TRANSFER 2004, Trenčín, 9/2004
- [9] Andrlík, V., Jurda, P.: Relevant Problems of Rigidity of a Telescopic Arm, 15th International DAAAM Symposium, Vienna, 11/2004
- [10] Andrlík, V., Pospíchal, J., Talácko, J.: Construction of Manipulator for Nuclear Research, 16th International Conference on Production Research, ICPR-16, Prague, 7,8/2001
- [11] Andrlík, V., Pospíchal, J., Talácko, J.: Konstrukce manipulátoru pro jaderný výzkum, konference AUTOS 2001, Praha, 4/2001
- [12] Bonney, M., Yong, Y. F.: Robot Safety. International Trends in Manufacturing Technology, IFS Publications, Bedford, UK, 1995

- [13] Burckhardt, C. W. (ed.): 18th International Symposium on Industrial Robots, IFS Publications, Bedford, UK, 1988
- [14] Gibilisco, S.: Concise Encyclopedia of Robotics, McGraw-Hill, New York, 2003
- [15] Chvála, B., Matička, R., Talácko, J.: Průmyslové roboty a manipulátory, SNTL, Praha, 1990
- [16] Katic, D., Vukobratovic, M.: Intelligent Control of Robotic Systems, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003
- [17] Kolíbal, Z., Knoflíček, R.: Morfologická analýza stavby průmyslových robotů, Viena, Košice, 2000
- [18] Mason, M.T.: Mechanics of Robotic Manipulation, MIT Press, Cambridge, 2001
- [19] Morecki, A., Knapczyk, J.: Basics of Robotics: Theory and Components of Manipulators and Robots, Springer, Wien, 1999
- [20] Skařupa, J., Mostýn, V.: Teorie průmyslových robotů, Viena, Košice, 2000
- [21] Talácko, J.: Manipulátory pro horké komory, studie řešení modulárního uspořádání, FSI ČVUT, Praha, 1/2000
- [22] Talácko, J., Andrlík, V.: Pohon teleskopického ramene, patent č. 295950, Úřad průmyslového vlastnictví, Praha, 18.10.2005
- [23] Talácko, J., Matička, R.: Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů, vydavatelství ČVUT, 1995
- [24] Wang, F., Gao, Y.: Advanced Studies of Flexible Robotic Manipulators: Modeling, Design, Control and Applications, World Scientific, Singapore, 2003
- [25] Warnecke, H., Schraft, R.: Industrie-Roboter, Springer Verlag, Berlin, 1990

Jméno autora a jeho CV

Jméno: Ing. Vladimír Andrlík, CSc.

Narozen: 27. prosince 1955 v Poličce, okr. Svitavy

Vzdělání: 1962 – 1971 Základní škola – Pardubice
1971 – 1975 Průmyslová škola strojnická – Chrudim
(ukončeno s vyznamenáním)
1975 – 1980 ČVUT – Fakulta strojní, Dopravní stroje a
manipulační zařízení – Stavba letadel
(ukončeno s vyznamenáním)
1982 – 1983 ČVUT – Fakulta strojní, PGS – Pružnost a
pevnost pro konstruktéry
1985 – 1991 ČVUT – Fakulta strojní, externí vědecká
aspirantura

Praxe: Technometra Radotín, a.s.

1980 – 1981 vojenská presenční služba – Bratislava
1981 – 1982 konstruktér asistent
1982 – 1986 samostatný konstruktér
1986 – 1989 vedoucí vývojové konstrukce
1989 – 1995 hlavní konstruktér
1995 – 1998 technický ředitel a člen představenstva

Pedagogická činnost:

1983 – 1985 externí učitel předmětu „Strojírenství“,
Gymnázium Radotín, Praha 5
1992 – 1998 externí odborný asistent katedry „Strojnictví“,
odboru „Části a mechanismy strojů“ Ú 208,
ČVUT Fakulta strojní
1999 – dosud odborný asistent Ústavu výrobních strojů a
mechanismů, ČVUT Fakulta strojní
1985 – dosud konzultant, recenzent a vedoucí diplomových
prací
2002 – dosud školitel specialista vybraných studentů
doktorandského studia

1995 – dosud přednášení předmětů Technické kreslení,
Konstruování
2003 – dosud přednášení předmětů Části a mechanismy
strojů I, Části a mechanismy strojů II

Výuka: Technické kreslení (1.r.), Konstruování I (1.r.),
Konstruování II (2.r.), Konstruování III (2.r.),

Části a mechanismy strojů I (3.r.), Projekt I (3.r.), Závěrečný projekt (5.r.), Diplomové práce (6.r.)

Vedoucí řídicího týmu pro certifikaci dle ISO 9001 a certifikaci dle předpisů ÚCL, FAR, JAR (1995 – 1998, TMR, a.s.)

Člen odborné komise pro zavádění náhrad vysokopevnostních ocelí v leteckém průmyslu (1995 – 1998)

Člen konkurzní komise pro obsazování míst pedagogicko – vědeckých pracovníků na Fakultě strojní ČVUT v Praze

Člen státní zkušební komise pro Státní závěrečné zkoušky Ústavu výrobních strojů a mechanismů

Člen Akademického senátu Fakulty strojní, ČVUT v Praze