



Národní konference s mezinárodní účastí
INŽENÝRSKÁ MECHANIKA 2002

13. – 16. 5. 2002, Svatka, Česká republika

AUTONOMNÍ LOKOMOČNÍ ROBOT 3. GENERACE

Radek Knoflíček

V návaznosti na přijatý záměr Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku a technologii (společný projekt ČVUT Praha a SST Praha) a na podúkol číslo 3, projektu číslo 6: Automatická manipulace v technologických pracovištích a ve výrobních systémech (robotizace a výrobní logistika) je autorem, jako zodpovědným řešitelem na půdě VUT v Brně, FSI, Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky, realizován vývoj, výzkum, projekce, konstrukce, výroba, oživení, ověřovací (funkční a provozní) zkoušky, dále zkušební provoz a praktické užití nového typu mobilního robotu další generace, nazvaného VUTBOT 2 a to pro účely mezioperační dopravy a automatické manipulace v jednotlivých technologických pracovištích, nově navrhované a v současnosti již částečně realizované výrobní soustavy, v prostorách laboratoře C. Nový mobilní robot sestaven z nově vyvinutých a vyrobených, ale i běžně dostupných konstrukčních prvků (komponent), funkčních a montážních bloků.

Klíčová slova: lokomoční ústrojí, kinematický model řízení, inteligentní sensorický podsystém víceúrovňový, řídicí systém mobilního robotu, řízení lokomoce podvozku, zpracování dat sensorického podsystému, tvorba mapy okolního prostředí, plánování činnosti, navigace (lokální a globální)

1.0 Úvod ke konstrukci autonomního lokomočního robotu VUTBOT 2

Autonomní lokomoční – mobilní robot VUTBOT 2, je určen pro vnitřní (indoor) částečně známé nebo známé prostředí – okolní technologickou scénu, ve kterých se bude pohybovat s možností plnění především obslužných úloh charakteru mezioperační dopravy obrobků, nástrojů, výrobních a měřících pomůcek atd. v plánované výrobní soustavě. Za tímto účelem bude vybaven vezenými nadstavbami různých provedení tak, aby tyto byly schopny zabezpečit především převezení **bezpaletovaného** předmětu manipulace, na místa dalšího technologického určení.

Svojí kategorií zařazení bude patřit mezi experimentální mobilní roboty univerzitních konstrukcí, u kterých se ověřují funkce všech nákupem pořízených a vyvíjených subsystémů (tj. machineware, hardware, software a brainware).

Doc. Dr. Ing. Radek Knoflíček, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, Technická 2, 616 69 Brno, CZ, ++ 420 5 4114 2474, fax: ++ 420 5 4114 2449, knoflicek@uvss.fme.vutbr.cz

Architektura mobilního robotu je obecně tvořena následujícími celky:

a) **MACHINEWARE**, obsahujícím:

- lokomoční ústrojí
- pohonné jednotky lokomočního ústrojí
- primární zdroj elektrické energie
- elektrickou palubní síť
- účelovou vezenou nadstavbu

b) **HARDWAREM**, obsahujícím:

- inteligentní měniče elektrické energie pro řízení pohonných jednotek a tím i pohyb lokomočního ústrojí
- inteligentní sensorický podsystém víceúrovňový
- monitoring stavů zdroje elektrické energie
- víceúrovňový řídicí systém mobilního robotu jako celku
- prostředky komunikace mezi robotem a nadřazeným systémem

c) **SOFTWAREM**, zajišťujícím:

- řízení lokomoce
- zpracování dat sensorického podsystému
- tvorbu map okolního prostředí
- plánování činnosti
- navigaci (lokální a globální)
- vyhýbání se překážkám

2.0 Návrh koncepce mobilního robotu – autonomního lokomočního robotu VUTBOT 2

2.1 Určení

Autonomní lokomoční – mobilní robot VUTBOT 2 bude určen pro vnitřní (indoor) částečně známé nebo známé prostředí – okolní technologickou scénu, ve kterých se bude pohybovat s možností plnění především obslužných úloh charakteru mezioperační dopravy v plánované výrobní soustavě. Za tímto účelem bude vybaven vezenými nadstavbami různých provedení tak, aby tyto byly schopny zabezpečit převezení **bezpaletovaného** předmětu manipulace na místa dalšího technologického určení.

Svojí kategorií a zařazením bude patřit mezi experimentální mobilní roboty univerzitních konstrukcí, u kterých se ověřují funkce všech nákupem pořízených a díle vlastními silami a prostředky vyvíjených subsystémů (tj. machineware, hardware, software a brainware).

Základní vlastnosti MR-ALR budou následující:

- lokomočního ústrojí umožní volný 2-D pohyb a směrové řízení v okolní technologické scéně
- sensorický podsystém bude vytvářet mapu okolního prostředí
- vyšší úroveň řízení bude samostatně plánovat dráhu, rychlost a směr pohybu na základě zadaných cílů v technologické výrobní soustavě
- mobilní robot bude schopen řešit úlohu autonomní navigace lokální i globální včetně vyhýbání se statickým i dynamickým překážkám

ALR – MR bude mít mj. možnost pohybu pouze v uzavřeném prostoru budovy – objektu B1 a C1 v areálu FSI VUT v Brně, pomocí nově vyvinutého systému globální navigace (v návaznosti na program lokální navigace).

HW a SW globální navigace by měl umožňovat:

- navigaci v objektu o max. 10 místnostech, z nichž každá může sousedit s dvěma jinými místnostmi
- objekt může mít více podlaží se vzájemným propojením prostřednictvím výtahů (pohyb mezi podlažími)
- zadává se výchozí a cílová místnost, přes které musí v zadaném pořadí cesta procházet
- nalezená cesta je minimální z hlediska počtu navštívených místností a minimální z hlediska potřebného času na dopravu, resp. pohyb MR a bude uložena ve standardním databázovém formátu ve výstupním souboru

2.2 Popis a základní technické parametry

Koncepce stavby machineware mobilního robotu jména VUTBOT 2, tj. elektromechanické části lokomočního ústrojí, byla upřesněna pomocí **metody morfologické analýzy** a vyhodnocena **metodou multikriteriálního rozhodování**.

2.2.1 Lokomoční podsystém

Lokomoční podsystém je tvořen čtyřkolovým podvozkem se dvěma hnacími koly (s elektrickým diferencíálem) a dvěma směrovými koly se synchronizovaným natáčením okolo svislé osy. Tímto bude zabezpečena přijatelná manévrovatelnost na i malém prostoru, vzhledem k potřebné nosnosti mobilního robotu a tedy i robustnosti a spolehlivosti konstrukce. Hnací kola jsou opatřena vhodnými typy převodovek. Kola jsou poháněna stejnosměrnými elektromotory typ DCM + MiniMaestro, s PWM řízením v nadakustickém pásmu. Poloha natočení hřídelů obou hnacích kol je sledována inkrementálními rotačními čidly (IRC) s možností derivací polohového signálu na veličinu rychlosti nebo užití tachodynamu.

Rámová konstrukce podvozku nese zdroje energie s inteligentním monitoringem stavu akumulátorových baterií, palubní energetickou síť, měniče pro napájení trakčních motorů, senzorický podsystém a řídicí systém na bázi průmyslového PC, jehož činnost je založena na principu **zpracování událostí**. Podvozek může být vhodně kapotován tak, že bude umožněn dobrý přístup k důležitým částem podvozku za požadavku dodržení moderního designu.

Po výběru konečného uspořádání podvozku a jeho zhodnocení byl navržen nosný rám lokomočního ústrojí ve dvou uvažovaných možnostech z hlediska použití konstrukčních materiálů. Byla vybrána varianta sestavení rámu z duralových profilů a to z důvodu větší pevnosti spojů a vyšší torzní tuhosti při nižší hmotnosti, a především jednodušší výrobě a montáži. Rám bude třípatrový. V prvním patře budou umístěny skupiny pohonu podvozku (motor – brzda – převodovka – snímač), ve druhém patře sensorický a řídicí podsystém (laserový skener, řídicí počítač apod.). Třetí patro pak bude uzpůsobeno pro nesení účelových nadstaveb.

Základní technické údaje:

- rychlost pojezdu: min. 15 cm/min, max. 1,5 m/s

- zrychlení: max. 1 ms^{-2}
- celková hmotnost: cca 350 kg
- hmotnost MR bez nákladu: cca 100 kg
- možnost překonávání překážky: do výšky 25 mm
- možnost stoupání: do 10°
- celkové (obrysově) rozměry podvozku:
 - délka: cca 1 200 mm
 - šířka: cca 750 mm
 - výška: cca 800 mm
 - světlost: cca 75 mm
- min. poloměr zatočení: cca 850 mm

2.2.2 Struktura elektrického vybavení

Na podvozku lokomočního ústrojí mobilního robotu budou instalovány následující nezbytné části:

- primární zdroj energie (trakční akumulátorové baterie – AKB)
- napájecí zdroje ostatního palubního vybavení
- palubní energetická síť
- účelová pomocná zařízení (monitoring stavu AKB)
- přijímač instrukcí nadřazeného systému (operátora), tedy informaci o cílovém bodu trasy, případně pro vyvedení mobilního robotu ze situace, kterou řídicí systém není schopen z jakéhokoliv důvodu vyřešit (robot na trase „uvízne“).
- antikolizní systém

2.2.3 Zdroje energie a monitoring stavu

Pro experimentální práce mohou být použity startovací olověné akumulátory v příslušném počtu (dáno odběrem v Ah), např. typ 12 V-GST-44 Ah, přičemž je v provozu je nutno nainstalovat trakční akumulátorové baterie (AKB). Stav AKB bude průběžně sledován monitorovacím zařízením (výroba Car Source), umožňujícím předejít přílišnému vybití článků, a to v režimu sledování, kdy se indikuje zbytek náboje [%], měří proud [mA] a napětí baterií [V].

- doba provozu do vybití AKB: cca 4 hod

Součástí zdrojů energie bude i pomocné zařízení – nabíjecí stanice AKB, umístěná ve vhodném místě obsluhovaného prostoru.

2.2.4 Palubní energetická síť

Palubní energetická síť zabezpečuje napájení všech spotřebičů elektrické energie celého mobilního robotu. Síť je sestavena z běžných elektrických prvků a je budována jako otevřená, splňující například následující požadavky napětí a příkony:

- motory: max. 48 V /DC/, 600 W
- řídicí počítač: 5 V /DC/, 40 W
- IR senzory aktivní: 24 V /DC/, 50 W , pasivní: 12 V /DC/, 2 W
- PLS snímač: 24 V /DC/, 17 W

Palubní síť může být doplněna vlastním zdrojem (víceúrovňového) počítačového řídicího systému.

2.2.5 Inteligentní senzorický podsystém

Senzorický podsystém je tvořen dvěma funkčně rozdílnými skupinami senzorů – **vnitřními a vnějšími senzory**. Vnitřní senzory dávají informace o změnách vnitřních stavů mobilního robotu. Mechanické veličiny pro odometrická měření jsou vypočítávány z údajů optoelektronických enkodérů a střední hodnoty proudů kotvy motorů. Vnější senzory dávají informace o změnách okolního prostředí robotu. Skupina vnějších senzorů bude navržena a realizována jako dvouúrovňová. Jednotlivé úrovně jsou následující:

Senzorický subsystém, spolu se systémovým interface ALR, budou podle smlouvy o dílo mezi FSI VUT v Brně a UNIS s. r. o. v Brně řešeny a dodány VUT během etapy č. 2 smlouvy v r. 2002. Přesto již byly na projektu uskutečněny následující vývojové práce a byla provedena analýza a na jejím základě byla navržena níže uvedená koncepce návrhu senzorického subsystému a systémového interface, který bude po schválení zadavatelem předmětem etapy č. 2 v r. 2002.

2.2.5.1 Vnitřní sensorika bude představovat následující

- **Odometrie:**

IRC	odměřování dráhy (montáž na osu hřídele za převodovkou), UNIS
Tachodynamo	polohová, resp. rychlostní zpětná vazby (spojení přímo na hřídeli DC motoru-pohonu, nakupovaná subdodávka s DC motory – zajišťuje VUT)
Důvod:	zálohování odometrických senzorů, experimentální ladění dráhového řízení a navigačních úloh ALR
Elektronika	Pro zpracování a vyhodnocení signálů + MCU Fujitsu modul (komunikace CAN, RS232), dodal UNIS

- **Inerciální vnitřní senzory:**

Gyroskop	Murata ENC03J-polovodičový gyroskop, dodal UNIS
Důvod:	Použití na ALR jako indikační systém změny polohy v přímé návaznosti na provádění kompenzace polohy, prováděné vnějšími senzory (PLS 200 při vytváření mapy prostředí) a rovněž při kompenzaci chyb odometrie.
Akcelerometr	ADX 210 polovodičový akcelerometr, dodá UNIS
Důvod:	Použití na ALR jako indikační systém změny polohy v přímé návaznosti na provádění kompenzace polohy, prováděné vnějšími senzory (PLS 200 při vytváření mapy prostředí) a rovněž při kompenzaci chyb odometrie. (Tento systém by mohl být jako záložní pro vlastní experimentální ladění.)
Elektronika	Pro zpracování a vyhodnocení signálů + MCU Fujitsu modul (komunikace CAN, RS232), dodá UNIS

2.2.5.2 Vnější senzory budou následující

- **Navigační:**

Navigační značky: 1. Barevné/ černobílé značky. Senzory lineární CCD kamera + zpracování na video kartě (frame grabber), dodá VUT

Elektronika + sw MCU Fujitsu modul (komunikace CAN, RS232), dodá UNIS
Důvod: přesné najetí ALR do definované polohy (důležité pro montážní, přepravní výrobní operace)

2. Umělé pasivní značky, charakteristické podle příznaků s dat získaných PLS 200, dodá VUT. PLS 200 má k dispozici VUT.

Elektronika + sw MCU Fujitsu modul (komunikace CAN, RS232), dodá UNIS
Důvod: přesné najetí ALR do definované polohy (důležité pro montážní, přepravní výrobní operace). Musí se uvážit prostorové dispozice výrobních prostor.

3. Transpondéry. Pasivní vysílač v operačním prostoru, aktivní přijímač na ALR.

Elektronika + sw MCU Fujitsu modul (komunikace CAN, RS 232), dodá UNIS
Důvod: Možnost získat kódovanou informaci. Určení polohy nepřesné, indikace přítomnosti, průjezdu. Možnost označkovat pasivními vysílači více míst operačního prostoru. Dodá VUT.

Mapy prostředí: Data získaná z PLS 200. Skládání do map lokálních.

U lokální mapy využití jako antikolizní zonový senzor.

Porovnávání mapy globální (CAD model) s lokální a určení přibližné polohy ALR.

Elektronika + sw MCU Fujitsu (CAN + RS232), dodá UNIS

Důvod: Vysoká rychlost měření, přesnost, jednoduché zpracování a vyhodnocování

Odometrie: Navigace využívá odometrii a mapu prostředí z PLS 200 a generuje dráhu pomocí uzlových bodů.

2.2.5.3 Systémový interface

CAN fyzická vrstva standard CAN BOSH 2.A, vyšší vrstva protokolu CAN ALR (standard vychází a je modifikací HLP CAN Aerospace v.1.6, M. Stock Flight systems). Protokol bude standardem pro arbitráž dat a informací po CAN sběrnici, která bude propojovat MCU Fujitsu moduly

RS232 klasické sériové rozhraní bude použito pro připojování externích zařízení s komunikační sběrnici RS 232, dále pro ladění sw na PC

Rádiové pojitko Radiometrix RX/TX, 433 HHZ, dodal UNIS

Elektronika MCU Fujitsu (CAN + RS232), dodal UNIS

Důvod: možnost bezdrátové komunikace (pro účely mobilní i stacionární, resp. kombinované v dosahu cca 100 m). Možnost ovládní ALR v procesu ladění-bezdrátově - výhodné.

2.2.6 Řídicí systém

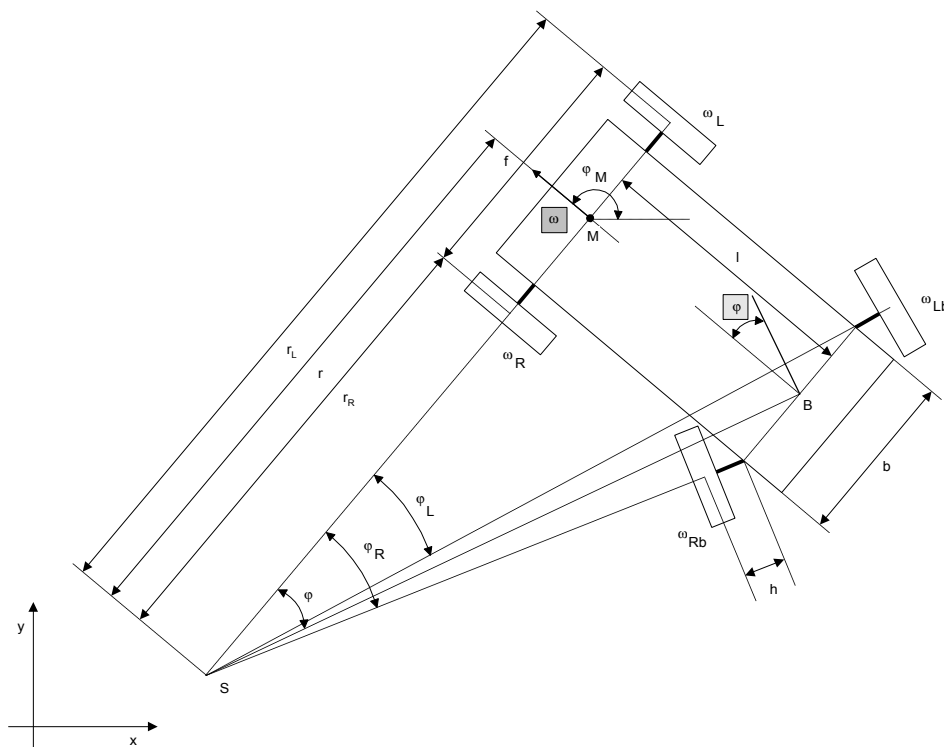
Počítačový řídicí systém bude založen na bázi průmyslového PC a podřízených jednočipových procesorů, musí být snadno hardwarově i softwarově rozšiřitelný a musí umožňovat rychlé, nejlépe paralelní zpracování úloh různých úrovní a tříd, jako například:

- řízení lokomoce,
- zpracování dat a řízení činnosti senzoričké podsystemu (vnitřních i vnějších senzorů),
- pohyb v prostředí (plánování pohybu robotu k cíli, tvorba map okolního prostředí, lokální a globální navigace, vyhýbání překážkám),
- komunikace s nadřazeným řídicím systémem (operátorem).

2.3 Koncepce podvozku

Na základě znalosti pracovní oblasti (IN DOOR aplikace) a povahy podlahy bylo zvoleno koncepce čtyřkolového podvozku. Přední kola jsou hnaná, každé kolo má svůj hnací motor s převodovkou a se snímačem rychlosti. Zadní kola jsou otáčecí, max. úhel pootočení ± 60 stupňů.

2.3.1 Kinematický model



Obr. 1: Schéma podvozku mobilního robotu pro určení kinematických rovnic

Sestavení kinematického modelu mobilního robotu má velký význam pro technicky správné řízení robotu. Úhlové rychlosti předních kol se nastavují na základě požadované hodnoty rychlosti v a úhlu φ . Úhlový diferenciál pootočení zadních kol je zabezpečen vhodnou mechanickou konstrukcí.

Za předpokladu, že:

- pohyb modelu je rovinný
- kontakt mezi koly a povrchem je bodový
- robot je pevné těleso
- spojení vazeb je bez tření
- otáčení kol je bez prokluzů

jsou rovnice čtyřkolového podvozku:

vstupní hodnoty: natočení kol φ a rychlost pohybu v v bodě M

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{l}{r} \Rightarrow r = \frac{l}{\operatorname{tg}(\varphi)} \quad (1)$$

poloměr dráhy předních kol:

$$r_L = r + \frac{f}{2}, \quad r_R = r - \frac{f}{2} \quad (2)$$

potřebné úhlové rychlosti předních kol:

$$\frac{\omega_L \cdot r_F}{r_L} = \frac{v}{r} = \frac{\omega_R \cdot r_F}{r_R} \Rightarrow \omega_L = \frac{r_L}{r} \frac{v}{r_F}, \quad \omega_R = \frac{r_R}{r} \frac{v}{r_F} \quad (3)$$

$$\omega_L = \frac{v}{r_F} \left(1 + \frac{f}{2r}\right), \quad \omega_R = \frac{v}{r_F} \left(1 - \frac{f}{2r}\right) \quad (4)$$

pootočení zadních kol:

$$\operatorname{tg}(\varphi_R) = \frac{l}{r_R + \frac{f-b}{2}} = \frac{l}{r - \frac{b}{2}}, \quad \operatorname{tg}(\varphi_L) = \frac{l}{r_L - \frac{f-b}{2}} = \frac{l}{r + \frac{b}{2}} \quad (5)$$

úhlové rychlosti zadních kol:

$$\omega_{Lb} = \frac{v}{r_B} \frac{\frac{l}{\sin(\varphi_L)} + h}{r}, \quad \omega_{Rb} = \frac{v}{r_B} \frac{\frac{l}{\sin(\varphi_R)} - h}{r} \quad (6)$$

časová změna orientace robotu:

$$\frac{d\varphi_M}{dt} = \frac{\omega_L \cdot r_F}{r + \frac{f}{2}} = \frac{\omega_R \cdot r_F}{r - \frac{f}{2}} \Rightarrow \frac{d\varphi_M}{dt} = \frac{r_F}{f} (\omega_L - \omega_R) \quad (7)$$

$$\frac{d\varphi_M}{dt} = \frac{\omega_{Lb} \cdot r_B}{\frac{l}{\sin(\varphi_L)} + h} = \frac{\omega_{Rb} \cdot r_B}{\frac{l}{\sin(\varphi_R)} - h} = \frac{v}{r} \quad (8)$$

$$\frac{d\varphi_M}{dt} = \frac{\omega_{Lb} \cdot r_B}{\sqrt{\left(r + \frac{b}{2}\right)^2 + l^2} + h} = \frac{\omega_{Rb} \cdot r_B}{\sqrt{\left(r - \frac{b}{2}\right)^2 + l^2} - h} \quad (9)$$

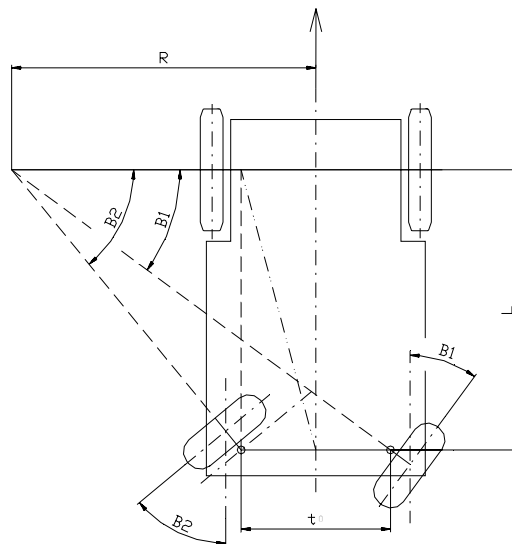
časová změna polohy robotu:

$$\frac{dx_M}{dt} = r_F \frac{\omega_L + \omega_R}{2} \cos(\varphi_M) \quad (10)$$

$$\frac{dy_M}{dt} = r_F \frac{\omega_L + \omega_R}{2} \sin(\varphi_M) \quad (11)$$

kde:	φ	je žádaná hodnota pootočení zadních kol,
	v	je žádaná hodnota rychlosti bodu M,
	r	poloměr dráhy bodu M,
	f, l, b, h	geometrické rozměry robotu,
	r_L, r_R	poloměr drah předních kol,
	r_F, r_B	poloměr předních a zadních kol,
	ω_L, ω_R	úhlové rychlosti předních kol,
	ω_{Lb}, ω_{Rb}	úhlové rychlosti zadních kol,
	φ_L, φ_R	úhly pootočení zadních kol
	φ_M	orientace podvozku v souřadném systému,
	x_M, y_M	poloha bodu M.

Dále je nutné brát v úvahu známé pravidlo pro jízdu vozidla - mobilního robotu do zatáčky a z toho vyplývající skutečnost nutnosti rozdílného natočení kol nápravy. Jedná se o tzv. **Ackermannovu geometrii řízení**. Tato teorie platí přesně jen pro malé rychlosti jízdy a pro tuhá kola, což je tento případ a může se tato geometrie bez problémů použít. Vnitřní kolo jede zatáčkou o menším poloměru, než kolo vnější. Z toho lze vycházet při návrhu úhlů řídicích pák a nastavení řídicích tyčí. Viz obrázek 2 níže.



Obr. 2: Geometrie řízení

Z výše uvedeného obrázku 2 pak vyplývají následující vztahy pro úhly natočení kol.

$$\cot g\beta_1 = \frac{R + \frac{t_0}{2}}{l} \quad \text{a} \quad \cot g\beta_2 = \frac{R - \frac{t_0}{2}}{l},$$

z čehož plyne vztah: $\cot g\beta_1 - \cot g\beta_2 = \frac{t_0}{l}$.

Tato podmínka je splněna, jestliže přímky kreslené ze středů rejdových čepů pod úhly $\beta_1, \beta_1', \dots, \beta_2, \beta_2', \dots$ se protínají na přímce vedené ze středu přední nápravy do bodu zadní nápravy ve vzdálenosti $t_0/2$ od podélné osy vozidla.

3. 0 Závěr

V návaznosti na přijatý záměr **Výzkumného centra pro strojírenskou výrobní techniku a technologii** (společný projekt ČVUT Praha a SST Praha) a na podúkol číslo 3: **Automatická manipulace v technologických pracovištích a ve výrobních systémech (robotizace a výrobní logistika)** je řešen vývoj, výzkum, projekce, konstrukce, výroba, oživení, ověřovací (funkční a provozní) zkoušky, zkušební provoz a praktické užití mobilního robotu, nazvaného VUTBOT 2.

V návaznosti na přijatý plán etap realizace díla pro jednotlivá časová období lze formulovat následující **dosažení dílčích etap realizace díla (nového technického objektu, kterým je VUTBOT 2)** :

- vývojové práce na koncepci – metoda morfologické analýzy a multikriteriální hodnocení navrhovaných variant elektromechanického řešení lokomočního ústrojí
- výběr technicky nejvhodnější varianty řešení mobilního robotu VUTBOT – u 2 jako celku k požadovanému účelu a použití
- zpracování sestavní výkresové dokumentace elektromechanické části mobilního robotu – rám podvozku, účelová nadstavba
- vypracování seznamu nakupovaných komponent
- realizace a oživení fyzikální modelu mobilního robotu
- dílčí ověřovací zkoušky senzorického a řídicího systému na fyzikálním modelu MR

4.0 Literatura

- [1] Kárník, L., Knoflíček, R., Marcinčin, J. N.: Mobilní roboty. Opava – Město Slezsko, 2000
- [2] Knoflíček, R.: Projektování mobilních robotických soustav ve vztahu k jejich aplikaci, s přihlédnutím k optimalizaci pohonných jednotek, dizertační práce VUT v Brně, 2000
- [3] Marcinčin, J. N.: Mobilné robotické zariadenia vo výrobe. In: Zborník konferencie Nové smery v prevádzke výrobnéj techniky 2000. FVT TU Prešov, 2000
- [4] Průběžná zpráva o realizaci projektu v roce 2001, Centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii, číslo projektu LN00B128, nositel ČVUT v Praze, řešitel Prof. Ing. Jaromír Houša, DrSc.