

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2010

Jiří Vaníček

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Zařízení pro měření úhlu natočení volantu

Jiří Vaníček

Bakalářská práce

2010

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří VANÍČEK**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**  
Název tématu: **Zařízení pro měření úhlu natočení volantu**  
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Analýza dostupných zařízení a metod měření úhlu natočení volantu
3. Ideový návrh vlastního řešení
4. Konstrukční návrh a realizace
5. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] VLK, František. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno : [s.n.], 2001. 576 s. ISBN 80-239-7064-1.

[2] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky. Úvaly : [s.n.], 2005. 908 s. ISBN 80-7361-011-6.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Pokorný**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2010**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

*V Pardubicích dne 22.11.2010*

*Jiří Vaníček*

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych velmi rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Pokornému za odborné konzultace a svůj čas, který mi vždy ochotně věnoval. Dále bych rád poděkoval firmě TRW Volant, a.s., která mi vypomohla s realizací součásti zařízení.

## ANOTACE

Tato práce je zaměřena na konstrukční řešení zařízení pro měření úhlu natočení volantu. V první části jsou popsány zařízení a způsoby měření úhlu natočení volantu používané v moderních automobilech. V další části práce je pak rozebrána konstrukce, realizace a praktické ověření funkčnosti vlastního navrženého zařízení.

## KLÍČOVÁ SLOVA

snímač, úhel natočení, konstrukce

## TITLE

Apparatus for steer angle measuring.

## ANNOTATION

This work is intent on structural design of apparatus for steer angle measuring. In the first part, there are described apparatuses and methods of steer angle measuring used in modern automobiles. In the next part of work, the construction, realization and practical verification of the designed apparatus are analysed.

## KEYWORDS

measuring element, steer angle, construction

## OBSAH

1. Úvod.....	8
2. Analýza dostupných zařízení a metod měření úhlu natočení volantu .....	9
2.1. Bosch LWS1 (Hallův snímač) .....	9
2.2. Bosch LWS3 (Magnetorezistivní snímač) .....	11
2.3. Měřicí volant (MSW).....	12
3. Ideový návrh vlastního řešení .....	13
4. Konstrukční návrh a realizace.....	14
4.1. Nástavec s navinutým lankem.....	14
4.2. Lankový snímač .....	16
4.3. Záchytný systém snímače .....	17
4.4. Měřicí ústředna .....	19
5. Postup instalace zařízení do vozidla .....	21
6. Ověření funkčnosti, vlastní měření .....	24
7. Závěr .....	31
8. Použité zdroje .....	32
Seznam obrázků .....	33
Seznam grafů .....	33
Seznam tabulek .....	33
Seznam příloh .....	34



# 1. Úvod

Dnešní moderní vozidla jsou vybavena velkým množstvím snímačů. Jako „smyslové orgány“ vozidel převádí proměnné vstupní veličiny na elektrické signály, které jsou potřebné pro řídicí a regulační funkce systémů vozidel. Práce je zaměřena na snímače úhlu natočení volantu, které patří k součástem stabilizačního systému ESP.

Analýze běžně používaných typů snímačů je věnována první část této bakalářské práce. Je zde i zmínka o speciálním systému měřícího volantu. Další část práce se zabývá vlastním konstrukčním návrhem a realizací zařízení pro snímání úhlu natočení volantu, jelikož snímače používané v sériových vozidlech nedostačují pro experimentální účely, například jízdní zkoušky či laboratorní testování vozidla. To hlavně z toho důvodu, že výstupní elektrické signály snímače nejsou v běžných podmínkách zjistitelné. Závěr práce pak patří ověření funkčnosti navrženého zařízení.

Tato bakalářské práce je vedena snahou o využití poznatků získaných během studia, převážně poznatků materiálových a konstrukčních, aplikovaných na vlastní řešení problému, tedy návrh a realizaci zařízení.

## **2. Analýza dostupných zařízení a metod měření úhlu natočení volantu**

V moderních vozidlech se snímače úhlu natočení volantu využívají jako součást elektronického stabilizačního systému ESP. Znalost úhlu natočení volantu umožňuje vypočítat požadovaný směr jízdy vozidla.

Ke snímání úhlu natočení volantu se dají využít všechny druhy snímačů pro měření úhlu. Kvůli zajištění bezpečnosti jsou však nutné takové snímače, u kterých lze jednoduchým způsobem kontrolovat jejich správnost (věrohodnost) nebo takové, které se dokážou kontrolovat samy. U většiny používaných snímačů je potřebná registrace a ukládání aktuální otáčky volantu, jelikož běžné snímače mohou měřit maximálně 360°. U osobních automobilů má volant rozsah přibližně tři a půl otáčky, což odpovídá 1260°. Toleranční oblast musí být během celé životnosti snímače menší než odchylka  $\pm 5^\circ$  <sup>[1]</sup>.

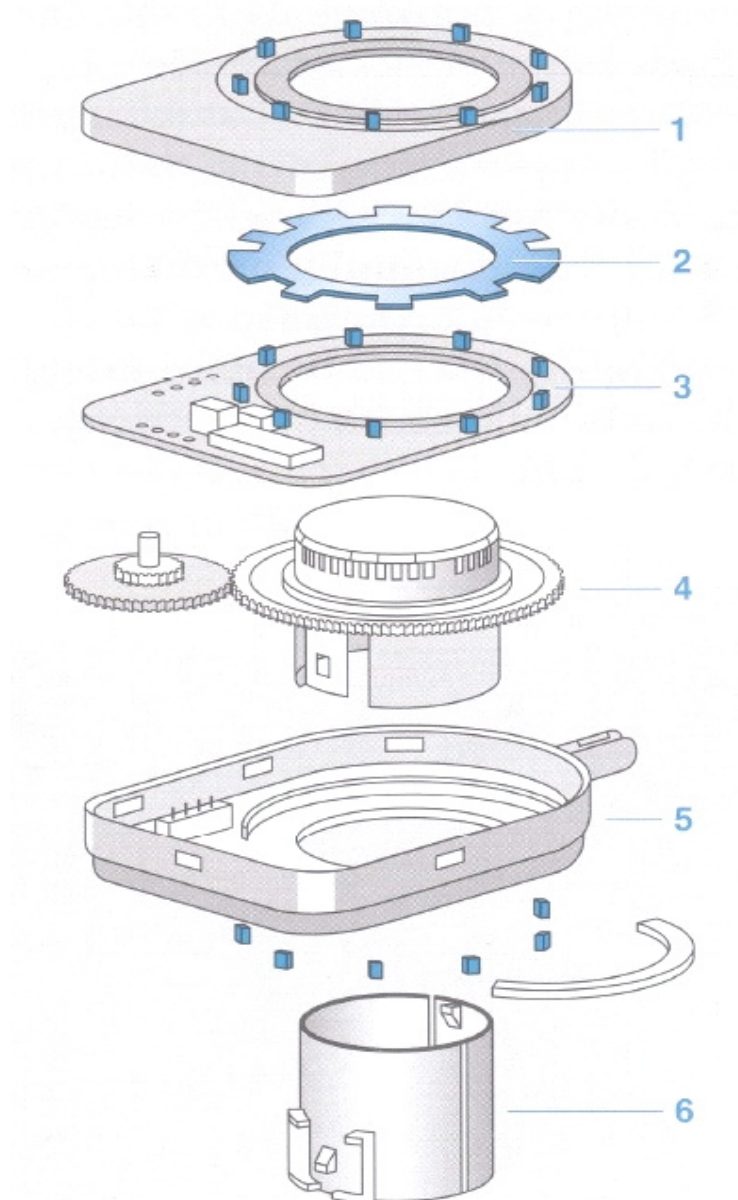
Snímače pro měření úhlů patří ke skupině pozičních snímačů. Používají se potenciometry, magnetické či optické principy. Pro řídicí jednotky Bosch jsou k dispozici dva absolutně měřící, magnetické snímače, které poskytují v každém okamžiku informaci o úhlu natočení v celém rozsahu otáček – snímače Bosch LWS1 a LWS3 <sup>[1]</sup>.

### **2.1. Bosch LWS1 (Hallův snímač)**

Úhel natočení a otáčky volantu snímá pomocí 14 „Hallových závor“ – pracuje se 14 integrovanými obvody. Princip měření integrovaného Hallova snímače (obr. 1) spočívá ve změně pole permanentního magnetu - devět magnetických závor (1), které jsou odstíněny magneticky měkkým kódovacím kotoučem (2). Tímto způsobem se pomocí devíti Hallových integrovaných obvodů vytváří digitální informace o úhlu natočení volantu. Zbývajících pět integrovaných obvodů (5) registruje otáčku, kterou pomocí převodu do pomalu (4) s poměrem 4:1 převádí do jednoznačného rozsahu 360°. Na desce plošných spojů (3) se nachází jak Hallovy integrované obvody, tak i mikroprocesor, který provádí test věrohodnosti a dekoduje informace o úhlu

pro sběrnici CAN. Nezbytnou součástí snímače je i upevňovací objímka pro sloupek řízení (6).

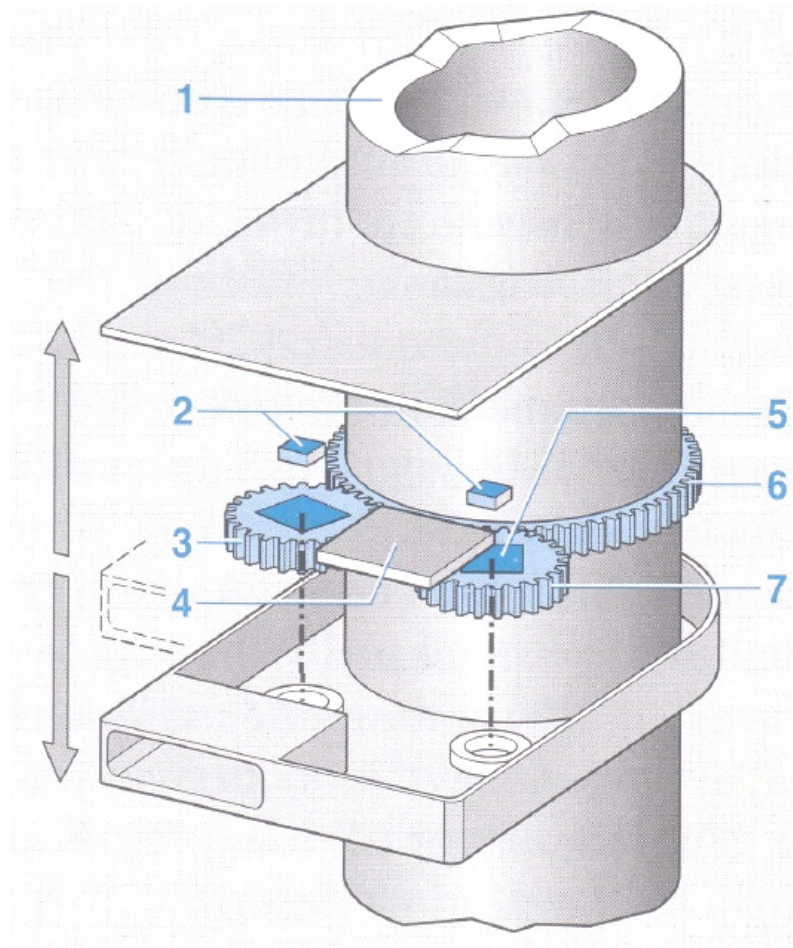
Nevýhodou tohoto snímače je vysoký počet snímacích prvků a nutné stejnoměrné (ekvidistanční) rozložení permanentních magnetů, které se musí krýt s integrovanými obvody.



Obr. 1 – Hallův snímač Bosch LWS1 <sup>[1]</sup>

## 2.2. Bosch LWS3 (Magnetorezistivní snímač)

Tento typ snímače (obr. 2) využívá anizotropní magnetorezistivní elementy (AMR – Anizotrop Magneto Resistiv), jejichž odpor se mění se směrem vnějšího magnetického pole. Dva moduly AMR (2) snímají otáčivé pohyby dvou ozubených kol (3 a 7), na kterých jsou umístěny magnety (5). Tato ozubená kola jsou poháněna ozubeným věncem (6), který je připevněn na hřídeli volantu (1). Ozubená kola mají rozdílné počty zubů, tím je dáno měřítko pro úhel otáčení volantu. Úhel natočení se vypočítává v mikroprocesoru (4). Ten také dokáže provádět vlastní kontrolu snímače, takže se řídicí jednotce po sběrnici CAN posílá velmi věrohodná hodnota.



Obr. 2 – AMR snímač Bosch LWS3 <sup>[1]</sup>

### 2.3. Měřicí volant (MSW)

Toto zařízení se používá výhradně pro experimentální testování vlastností vozidla při jízdách zkouškách, tedy převážně tam, kde je zapotřebí znát úhel natočení volantu/kol. Slouží tedy pro bezkontaktní měření rychlosti a úhlu natočení volantu, přičemž využívá bezkontaktní optický snímač úhlu natočení. Veškerá elektronika snímače je integrovaná do středového modulu.

Měřicí volant se umísťuje na sloupek řízení, přímo na volantovou hřídel za použití originálního upevňovacího středového šroubu. Nebo existuje univerzální adaptér pro uchycení měřícího volantu bez použití dalších nástavců na hřídel volantu. Přitom není potřebná jakákoliv demontáž, adaptér se jednoduše upne na původní volant testovaného vozidla.

Výhodou měřícího volantu je relativně jednoduchá montáž, zachování ovládání a řízení vozidla. Nevýhodou je poměrně vysoká cena zařízení a velký montážní prostor, především při použití adaptéru.



Obr. 3 – Měřicí volant s adaptérem <sup>[4]</sup>

### 3. Ideový návrh vlastního řešení

Pro experimentální měření či jízdni zkoušky, kdy je zapotřebí znát hodnoty úhlu natočení, existuje již zmíněný speciální systém „měřícího volantu“. Protože v případě použití adaptéru zabírá mnoho místa a je ztížena manipulace s volantem, přičemž cenové náklady nejsou zrovna zanedbatelné, bylo mým úkolem vymyslet jednodušší a levnější zařízení. V návrhu jsem tak vycházel z požadavků na malé rozměry, snadnou montáž a nízké výrobní náklady.

Základem mého ideového návrhu je lankový snímač, kterým disponuje Dopravní fakulta Jana Pernera. Od něj se dále odvíjí celková konstrukce zařízení.

V první řadě je třeba příslušný snímač uchytit ve vozidle. Jako nejvhodnější se jeví využití vakuové přísavky na čelní sklo s příslušnou záchytnou aparaturou. Dalším bodem je uchycení lanka snímače na konstrukci volantu tak, aby co nejpřesněji kopírovalo jeho otočný pohyb. K tomu by měla sloužit nastavná hřídel s navíjecí cívkou opatřená na obou koncích jemným drážkováním pro uložení a umístěná pod volantem na volantové hřídeli.

Jelikož má lanko snímače omezenou délku, je nutné jej prodloužit a připevnit k nastavné hřídeli, přičemž je zapotřebí zachovat možnost rozpojení kvůli snazší montáži a demontáži zařízení. Proto by bylo vhodné spojení obou lanek realizovat pomocí karabin. Připojení k nastavné hřídeli pak může být trvalé.

Výstupní konektor lankového snímače bude přiveden do měřicí ústředny, ze které by mělo být možné získat příslušné hodnoty pro další zpracování.

## 4. Konstrukční návrh a realizace

Tato kapitola je věnována konečnému konstrukčnímu řešení a realizaci měřícího zařízení podle ideového návrhu. Jsou zde podrobně rozebrány hlavní celky a jednotlivé části měřícího zařízení.

### 4.1. Nástavec s navinutým lankem

Nejdůležitější a zároveň nejsložitější konstrukční součástí je nástavec s navinutým lankem (obr. 4). V podstatě se jedná o adaptér umístěvaný na volantovou hřídel. Na něj se pak nasazuje volant, který je tak o vzdálenost cca 60mm posunut směrem od volantové tyče blíže k řidiči. Účelem nástavce je v podstatě převod otáčivého pohybu volantu na pohyb lineární pomocí ocelového lanka až do lankového snímače.

Při návrhu této součásti jsem řešil hned několik problémů. Největším z nich byla zcela jistě extrémní složitost výroby jemného drážkování pro uložení nástavce. A to i z toho důvodu, že je velmi složité zjistit typ a parametry tohoto drážkování. Proto jsem zvolil možnost výroby nástavce z více celků, jež některé jsou již pro jiný účel vyráběné. V řešení problému mi pomohla firma TRW Volant, a.s., která se zabývá výrobou volantů. Ta dokázala nástavec dle mého návrhu (viz. příloha 1, 2) zhotovit.

Hlavní nosnou a navíjecí částí nástavce je cívka. Je soustružena a frézována na příslušné rozměry z předepsaného polotovaru a oceli 11373 dle výkresu BP2. V místě největšího průměru cívky jsou vyvrtány čtyři otvory opatřené závitem. Ty slouží pro připevnění (pomocí šroubů M5x1-15) druhé části nástavce – kostry, která má taktéž otvory se závitem. Kostra je v podstatě vyříznutá nosná střední část volantu, která je patřičným způsobem upravena na potřebné rozměry. Kvůli otočné kontaktní jednotce jsou cívka i kostra částečně vyfrézovány a opatřeny dvěma otvory.

Třetí jemně drážkovaná část nástavce je redukce, běžně používaná pro změnu typu drážkování, například při změně typu volantu na volantovém hřídeli. Vnitřní drážkování redukce je osoustruženo, jelikož je pro daný účel nepotřebné. K nosné části je redukce přivařena a svár zabroušen.





Obr. 4 – Nástavec s navinutým lankem



Na cívku nástavce je připevněno vysoce ohebné dvoumetrové ocelové lanko o průměru 0,45mm s polyamidovým povlakem opatřené upevňovací karabinou. Spojení s hřídelí je realizováno pomocí zápusťného nýtu o průměru 2mm a délky 26mm do předem vyvrtaného otvoru.

K uložení volantu na nástavec slouží již zmíněné jemné drážkování a pro pevné spojení i s volantovou hřídelí slouží šroub M18x1,5-100 (obr. 5).



Obr. 5 – Šroub M18x1,5-100

## 4.2. Lankový snímač

Jedná se o lankový snímač WDS-500-P60-CR5-P s analogovým výstupem (obr. 6) od firmy Micro-Epsilon Czech Republic. Měří lineární pohyb přenášený taktéž vysoce ohebným nerezovým ocelovým lankem s polyamidovým povlakem o průměru 0,45mm. Délka lanka je 500mm, čemuž odpovídá i měřicí rozsah. Bubínek, na který se lanko navíjí, je propojen se snímacím elementem – potenciometrem, jehož výstupní signál je přímo úměrný měřené vzdálenosti. Měření probíhá s velkou přesností a rychlostí. K elektrickému propojení s měřicí ústřednou slouží integrovaný radiální kabel s délkou 5m. Pro uchycení snímače jsou v jeho hliníkovém krytu na všech stranách vytvarovány drážky.



Obr. 6 – Lankový snímač WDS

### 4.3. Záchytný systém snímače

Pro upevnění lankového snímače v patřičné poloze tak, aby mohlo dojít ke spojení s lankem od hřídele, jsem navrhl kompaktní zádržnou soustavu. Ta je tvořena přísavkou na sklo, držákem snímače, dvěma redukčními objímkami s rychloupínacím šroubem a posuvnou tyčkou.

Vakuová přísavka na sklo (obr. 7) je opatřena nastavným trnem, který je demontovatelný. Jde o přísavku s průměrem 120mm. Ocelový trn má průměr 14mm a délku 200mm.

Držák snímače (obr. 8) je originálně navrhnout (viz. příloha 3) přesně podle složitěho profilu hliníkového krytu snímače a dále tak, aby jej bylo možné upnout i na posuvnou tyčku (případně trn přísavky). Ke stažení držáku slouží dva šrouby M5x1-20 s podložkami a maticemi. Materiálem pro jeho výrobu se stal hliníkový plech.



Obr. 7 – Vakuová přísavka s trnem



Obr. 8 – Držák snímače

Celý záchytný systém umožňuje pohyb ve všech směrech, tím lze snímač velice přesně nastavit do požadované polohy. Hlavní podíl na tom mají dvě objímky ve tvaru kvádrů vyrobené z oceli dle výkresu BP4 (viz. příloha 4) a spojené pro snadnější manipulaci rychloupínacím šroubem (M6x1-50). Jedna se umísťuje na trn přísavky, do druhé se vkládá posuvná tyčka. Ta má stejný průměr jako trn přísavky, tedy 14mm. Její délka je 250mm.

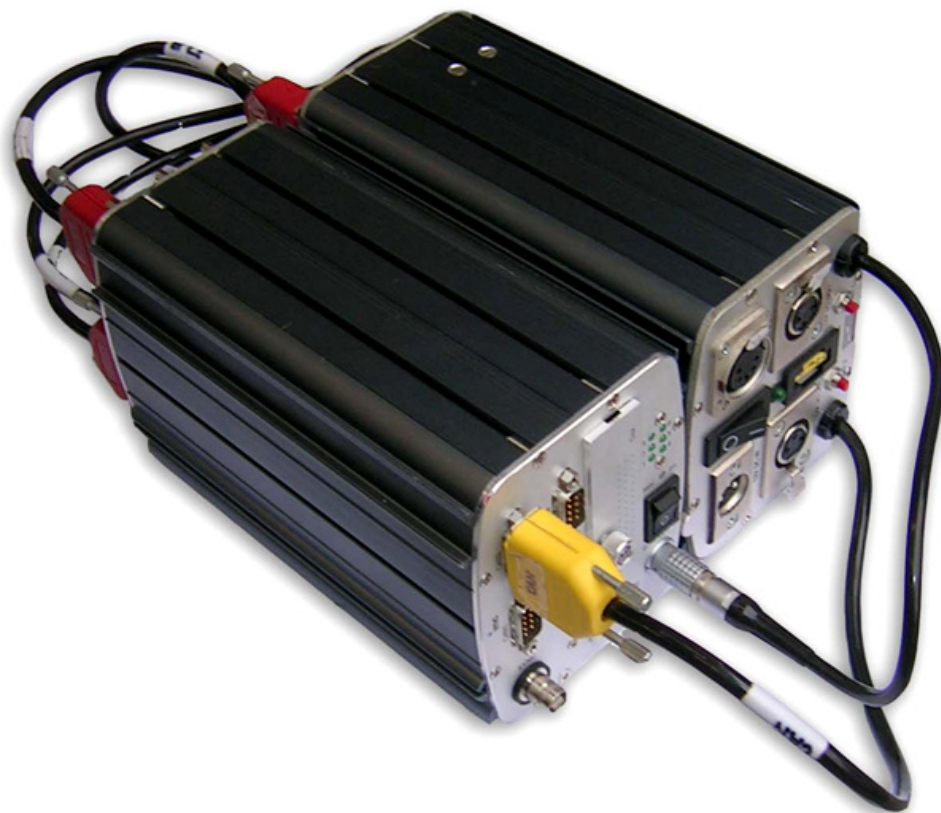


Obr. 9 – Objímky s posuvnou tyčkou

#### 4.4. Měřicí ústředna

Měřicí ústředna (obr. 10) provádí sběr dat z analogových nebo digitálních kanálů. Dokáže provádět on-line výpočty a řídit procesy měření. Pracuje s různými vzorkovacími frekvencemi na jednotlivých kanálech. Je schopna sama zaznamenávat vstupní hodnoty. Konfiguraci či vizualizaci lze provádět z počítače nebo notebooku. Samozřejmostí je i přímé ukládání dat – měřených hodnot nebo spouštěcích skriptů.

V mém případě měřicí ústředna přijímala přes analogový vstup signál od lankového snímače, který převáděla na hodnoty elektrického napětí.



Obr. 10 – Měřicí ústředna

## 5. Postup instalace zařízení do vozidla

Popis instalace zařízení je proveden pro vozidlo Škoda Roomster 1.9TDi, kterým disponuje Dopravní fakulta Jana Pernera. Na něm jsem prováděl i pozdější měření.

V první řadě je zapotřebí demontovat modul airbagu řidiče, který je přichycen dvěma ocelovými kolíky s kuželovým zakončením. Po celou dobu měření a zkoušení je modul vyjmutý. Pro měření namontovat lze, avšak ocelovému lanku by mohlo překážet jeho elektrické propojení vodiči, které vedou do svorkovnice ve sloupku řízení.

Kola je nutné nastavit do přímého směru jízdy. V této fázi je vhodné si zaznamenat přesnou polohu volantu vůči volantovému hřídeli. Poté je zapotřebí demontovat volant, přičemž se nejprve uvolní jeho upevňovací středový šroub. Na jemné drážkování volantového hřídele se vloží nástavec s navinutým lankem přesně tak, jak to vymezují trny otočné kontaktní jednotky. Následuje nasazení volantu na drážkování nástavce a stažení šroubem, jehož utahovací moment je předepsán na 50Nm.



Obr. 11 – Umístění nástavce



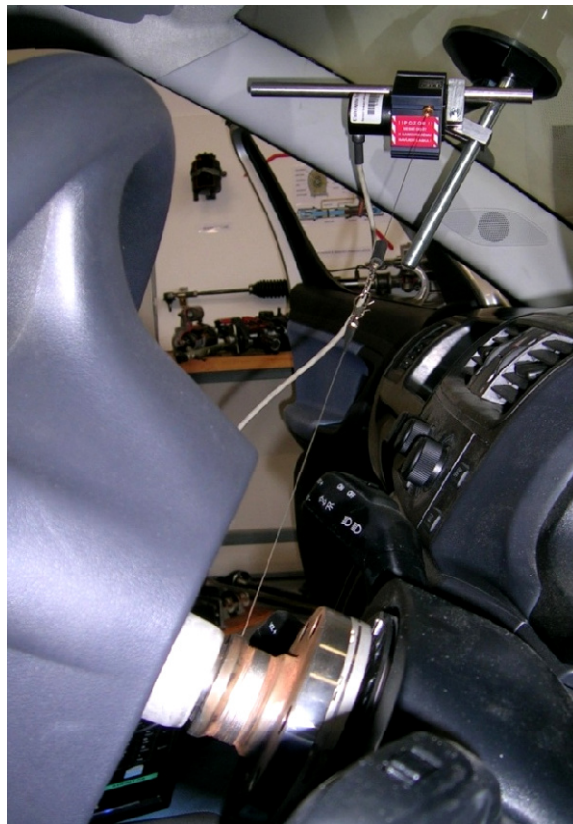
Nyní je zapotřebí nastavit lankový snímač pomocí záchytného systému. Na čelní sklo, do vhodné vzdálenosti od volantu, se přichytí přísavka. Na ni se nasune objímka, která je spojena s druhou objímkou, ve které je navlečena posuvná tyčka. Na tuto tyčku se nasadí držák snímače, do kterého je nasunut snímač. Šrouby v držáku snímače jsou dotaženy tak, aby byl pevně spojen s posuvnou tyčkou. Poté se nastaví snímač do co nejpřesnější polohy dle výstupního bodu lanka (lanko může vystupovat s maximální osovou odchylkou 3°) a pomocí rychloupínacího šroubu se objímky stáhnou. Tím je celý zádržný systém se snímačem pevně nastaven.



Obr. 12 – Uložení snímače

Na řadu se dostává propojení obou ocelových lanek. Je důležité natočit kola do krajní polohy ve směru navíjení lanka na nástavci. Lanko ze snímače se vytáhne téměř na maximum, tedy zhruba o 500mm. Poté se odvine či navine potřebná délka lanka z nástavce a propojí se s lankem snímače. Pokud nejde lanko takto propojit, je nutné o potřebnou vzdálenost posunout přísavku. Správnou instalaci je možné ověřit opatrným natočením z jedné krajní polohy do druhé, přičemž se sleduje správné propnutí lanka.

Jako poslední zbývá zapojit výstupní konektor snímače do měřicí ústředny, která je propojena se záznamovým zařízením – notebookem.



Obr. 13 – Nainstalované zařízení



## 6. Ověření funkčnosti, vlastní měření

Mým dalším úkolem bylo ověření funkčnosti celého měřícího zařízení. Přitom jsem zjišťoval závislost úhlu natočení kol již zmíněného vozidla na napětí od snímače úhlu natočení volantu zobrazovaném měřící ústřednou.

Nejprve jsem provedl zapojení celé měřící soustavy (viz. kapitola 5) a vozidlo ustavil do roviny na otočné desky pro vytočení kol do pravé a levé krajní meze používané při seřizování geometrie kol (obr. 14). Tyto měřící desky mají stupnici s rozlišením  $1^\circ$ . Z nich jsem odečítal a zaznamenával hodnotu úhlu natočení kola.



Obr. 14 – Otočná deska

Úhel natočení volantu byl snímán mým zařízením. Při natočení volantu se zobrazovaly hodnoty v jednotkách nastavených měřící ústřednou na obrazovce notebooku, v mém případě se jednalo o hodnoty napětí s rozsahem 0 až 10V.

Byl měřen úhel natočení jednotlivých kol pro každý směr natočení. Nejprve z přímého směru doleva a zpět a posléze z přímého směru doprava a zpět. Postup měření byl takový, že bylo natáčeno volantem do požadovaného směru a vždy při příbytku  $2^\circ$  u otočné měřící desky vnitřního kola byla odečtena hodnota od snímače úhlu natočení volantu, tedy hodnota zobrazovaná v notebooku ve voltech, a také hodnota na desce druhého, vnějšího kola. Hodnoty jsou zapsány v tabulce 1 a 2.



Obr. 15 – Měřené kolo na otočné desce

Natáčení z přímého směru doleva			Natáčení zleva do přímého směru		
LP kolo [°]	PP kolo [°]	U [V]	LP kolo [°]	PP kolo [°]	U [V]
0	0	4,129	40	31	7,303
2	2	4,336	38	30	7,170
4	4	4,512	36	28,5	7,035
6	5	4,690	34	27	6,940
8	7	4,865	32	26	6,806
10	8	5,037	30	24,5	6,637
12	10	5,210	28	23	6,472
14	11	5,298	26	21,5	6,308
16	12,5	5,457	24	20	6,141
18	14	5,632	22	18,5	6,003
20	16,5	5,809	20	17	5,801
22	18,5	6,011	18	15,5	5,629
24	20	6,161	16	13,5	5,455
26	21,5	6,377	14	12	5,285
28	23	6,495	12	10,5	5,117
30	24,5	6,682	10	8,5	4,948
32	26	6,800	8	7	4,750
34	27,5	6,941	6	5	4,569
36	29	7,067	4	4	4,393
38	30	7,180	2	2	4,191
40	31	7,303	0	0	4,098

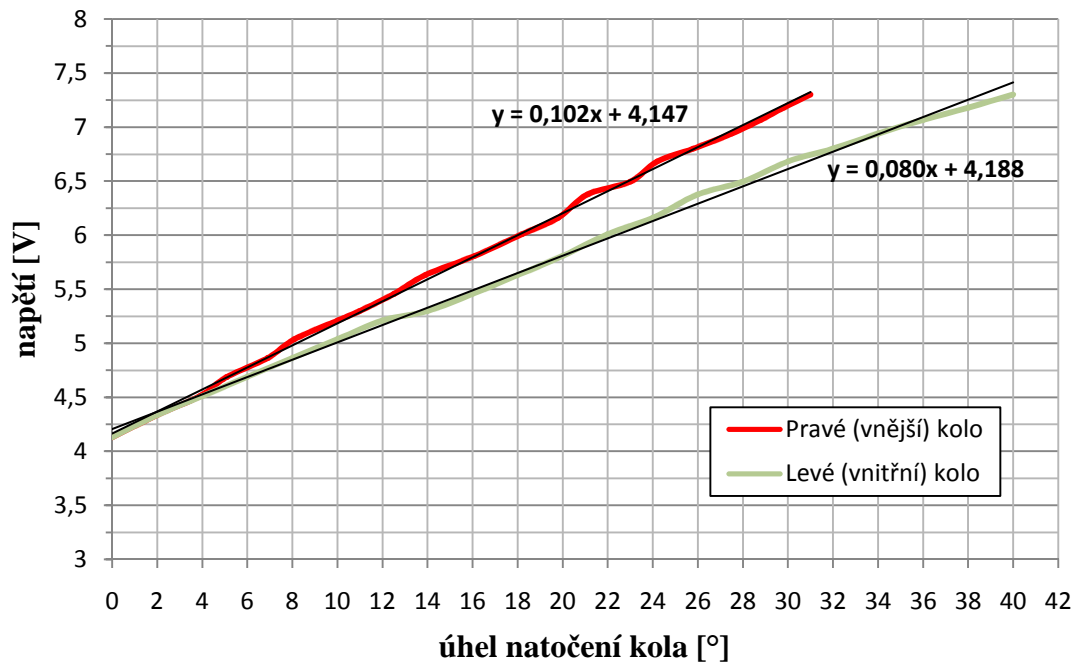
Tabulka 1 – Naměřené hodnoty při natáčení doleva

Natáčení z přímého směru doprava			Natáčení zprava do přímého směru		
LP kolo [°]	PP kolo [°]	U [V]	LP kolo [°]	PP kolo [°]	U [V]
0	0	4,179	40	32	0,975
2	2	3,995	38	31,5	1,092
4	3,5	3,815	36	30,5	1,207
6	6	3,569	34	29	1,347
8	7,5	3,415	32	27,5	1,477
10	9	3,240	30	26,5	1,634
12	11	3,055	28	25	1,727
14	13	2,915	26	23,5	1,936
16	14,5	2,708	24	21,5	2,066
18	17	2,571	22	19,5	2,305
20	18,5	2,373	20	18	2,525
22	20	2,222	18	16,5	2,797
24	21,5	2,057	16	14,5	2,921
26	23,5	1,924	14	13	3,081
28	25	1,738	12	11	3,325
30	26,5	1,610	10	9,5	3,473
32	27,5	1,482	8	7	3,673
34	29	1,297	6	5,5	3,844
36	30,5	1,202	4	3,5	4,022
38	31,5	1,035	2	2	4,207
40	32	0,975	0	0	4,383

Tabulka 2 – Naměřené hodnoty při natáčení doprava

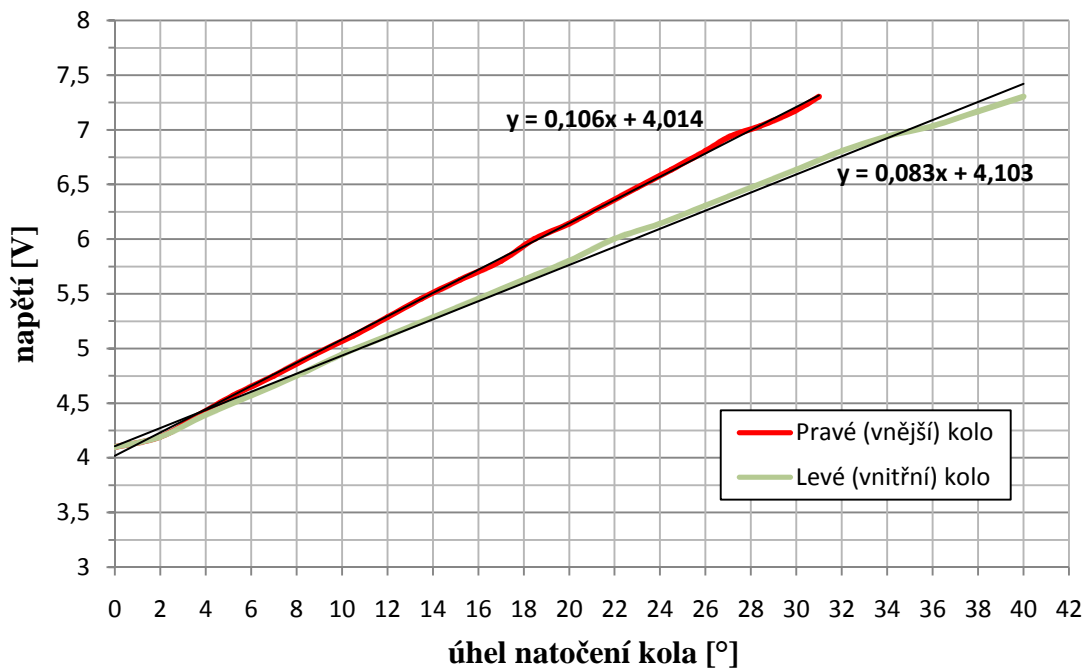
Z naměřených hodnot jsou sestrojeny grafy 1 až 4.

### Natočení z přímého směru doleva



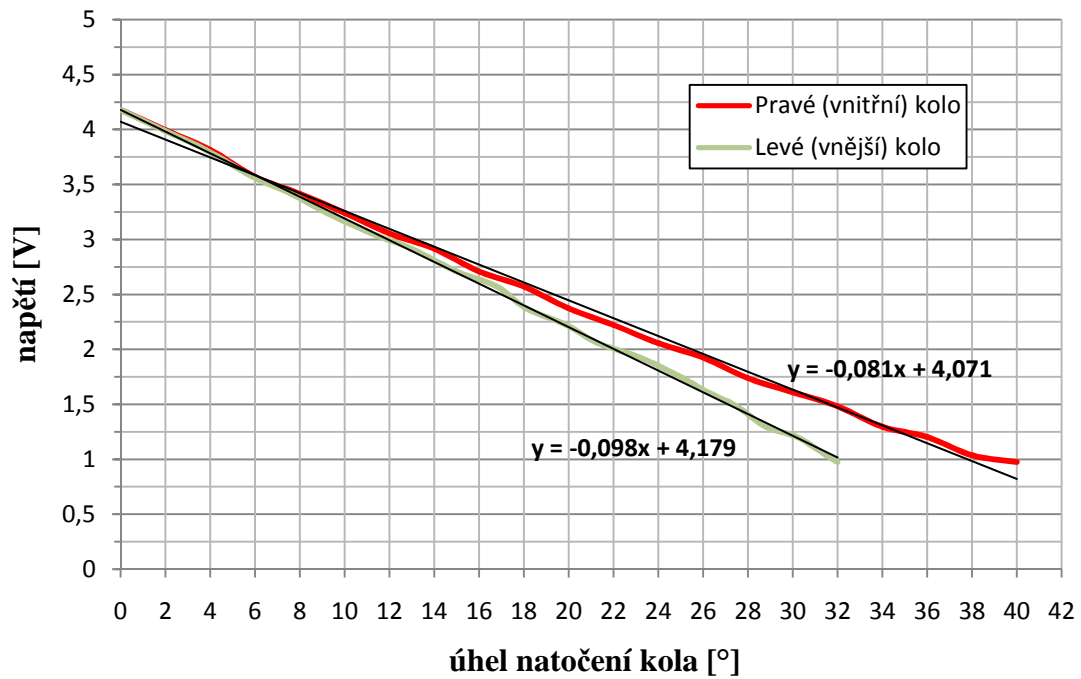
Graf 1 – Natočení z přímého směru doleva

### Natočení zleva do přímého směru



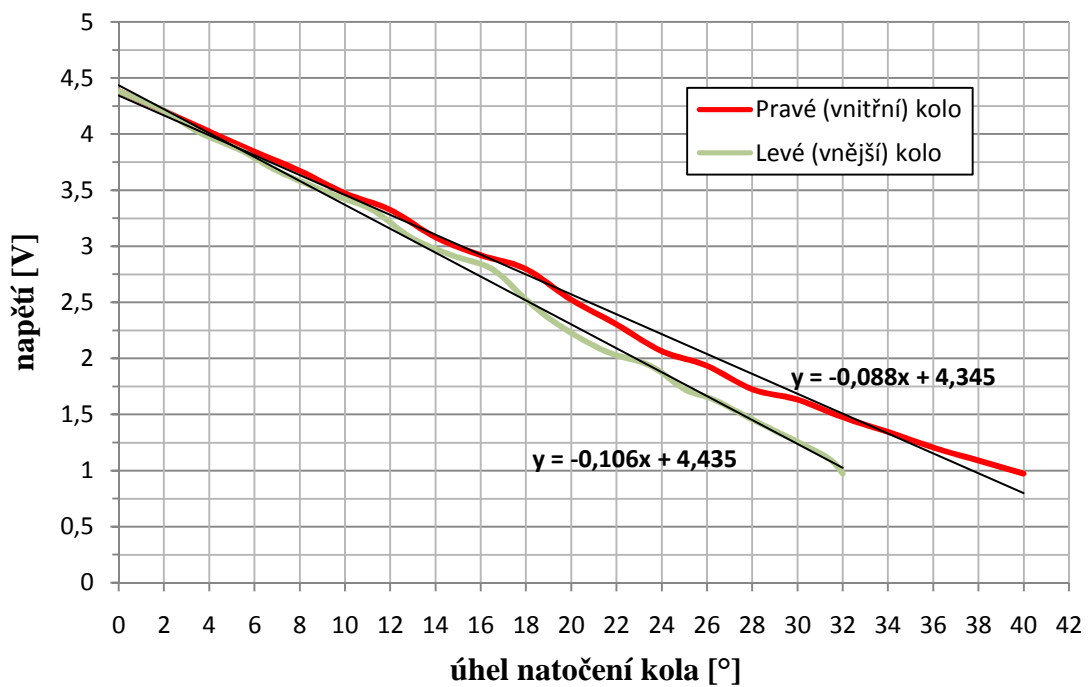
Graf 2 – Natočení zleva do přímého směru

### Natočení z přímého směru doprava



Graf 3 – Natočení z přímého směru doprava

### Natočení zprava do přímého směru



Graf 4 – Natočení zprava do přímého směru

V každém grafu je patrné proložení jednotlivých křivek spojnicí trendu – křivkou lineární regrese, která určuje předpis funkční závislosti. Lineární regrese byla zvolena proto, že závislost vykazuje lineární průběh. Tyto závislosti by měly být vždy stejné pro vnitřní kolo a stejné pro vnější kolo (pouze s rozdílným znaménkem pro natáčení doprava a natáčení doleva). V mém případě tomu tak úplně není. Existují zde různé odchylky, jelikož se jedná o hodnoty pouze z jednoho měření. Pro větší přesnost by bylo zapotřebí měření několikrát opakovat, provést sérii měření, a posléze hodnoty statisticky vyhodnotit.

Další vliv na měření měly také měřicí otočné desky, protože vykazovaly značné vřle některých svých částí, což se projevilo na snížení jejich přesnosti. Možným zpřesněním měření by bylo rovněž použití měřících otočných desek s vyšším rozlišením stupnice.

I přes možné nepřesnosti měření lze z dílčích předpisů v grafech průměrově stanovit přibližnou funkční závislost pro vnitřní kolo a vnější kolo (viz. tabulka 3).

Kolo	Předpis funkční závislosti
Vnitřní	$y = 0,083x + 4,177$
Vnější	$y = 0,103x + 4,194$

Tabulka 3 – Předpis funkční závislosti

Tyto funkční závislosti se pak jednoduše zadají měřicí ústředně pomocí příslušného softwaru. Ústředna přímo převede napětí na příslušný úhel natočení kola při určitém úhlu natočení volantu. Znalost úhlu natočení kola v každém okamžiku je důležitá především pro problematiku určování směrových odchylek vozidla.

## 7. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a realizovat měřicí zařízení pro snímání úhlu natočení volantu. Při návrhu řešení jsem vycházel z požadavků na konstrukčně jednoduchý a levný měřicí systém se snadnou instalací do vozidla. Stanovené požadavky se podařilo dodržet, výjimku tvoří snad jen poměrně složité konstrukční řešení nástavce, který je díky více částem náročnější na výrobu.

Celé zařízení jsem navrhoval pro současná vozidla Škoda. Aplikovat jej lze i pro ostatní koncernová vozidla VW. U jiných značek či modelů by mohl vzniknout problém s rozdílným typem drážkování pro uložení hřídelky a volantu, ale to lze řešit pomocí vhodné redukce drážkování. Zařízení lze použít jak pro levostranné, tak i pravostranné řízení. Proto je možné považovat tento měřicí systém za univerzální.

Po dokončení realizace a nainstalování do vozidla bylo zjevné, že měřicí zařízení je plně funkční. Proto jsem jej také prakticky prověřil při hledání závislosti mezi napětím od snímače úhlu natočení volantu a úhlem natočení kol u vozidla Škoda Roomster. Měření jsem prováděl v laboratorních podmínkách s využitím měřících otočných desek. V následném vyhodnocení naměřených hodnot jsem získal hledaný předpis lineární závislosti, který lze dále patřičně využít, například pro nastavení měřicí ústředny.

Za největší přínos této bakalářské práce považuji získání nových teoretických i praktických zkušeností z oblasti konstrukce, materiálů i technického kreslení. Celou práci považuji za přínos i pro Dopravní fakultu Jana Pernera, jelikož se jí s tímto originálně řešeným zařízením naskytly nové možnosti dalšího zkoušení a testování vozidel.



## 8. Použité zdroje

- [1] Robert Bosch GmbH. *Snímače v motorových vozidlech*. [s.l.] : [s.n.], 2001. 148 s. ISBN 80-903132-5-6.
- [2] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel*. Brno : [s.n.], 2001. 576 s. ISBN 80-239-7064-1.
- [3] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. [s.l.] : [s.n.], 2005. 908 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [4] *Corrsys-Datron* [online]. 2010-06-23 [cit. 2010-11-01]. Complete Vehicle Testing Solutions. Dostupné z WWW: <[http://www.corrsys-datron.com/mechanical\\_sensors.htm](http://www.corrsys-datron.com/mechanical_sensors.htm)>.
- [5] *Micro-Epsilon* [online]. 2010 [cit. 2010-11-01]. Lankové snímače. Dostupné z WWW: <<http://www.micro-epsilon.cz/products/displacement-position-sensors/draw-wire-sensor/index.html>>.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Hallův snímač Bosch LWS1 .....	10
Obrázek 2 – AMR snímač Bosch LWS3 .....	11
Obrázek 3 – Měřicí volant s adaptérem .....	12
Obrázek 4 – Nástavec s navinutým lankem .....	15
Obrázek 5 – Šroub M18x1,5-100 .....	16
Obrázek 6 – Lankový snímač WDS .....	17
Obrázek 7 – Vakuová přísavka s trnem .....	18
Obrázek 8 – Držák snímače .....	18
Obrázek 9 – Objímky s posuvnou tyčkou .....	19
Obrázek 10 – Měřicí ústředna .....	20
Obrázek 11 – Umístění nástavce .....	21
Obrázek 12 – Uložení snímače .....	22
Obrázek 13 – Nainstalované zařízení .....	23
Obrázek 14 – Otočná deska .....	24
Obrázek 15 – Měřené kolo na otočné desce .....	25

## Seznam grafů

Graf 1 – Natočení z přímého směru doleva .....	28
Graf 2 – Natočení zleva do přímého směru .....	28
Graf 3 – Natočení z přímého směru doprava .....	29
Graf 4 – Natočení zprava do přímého směru .....	29

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Naměřené hodnoty při natáčení doleva .....	26
Tabulka 2 – Naměřené hodnoty při natáčení doprava .....	27
Tabulka 3 – Předpis funkční závislosti .....	30

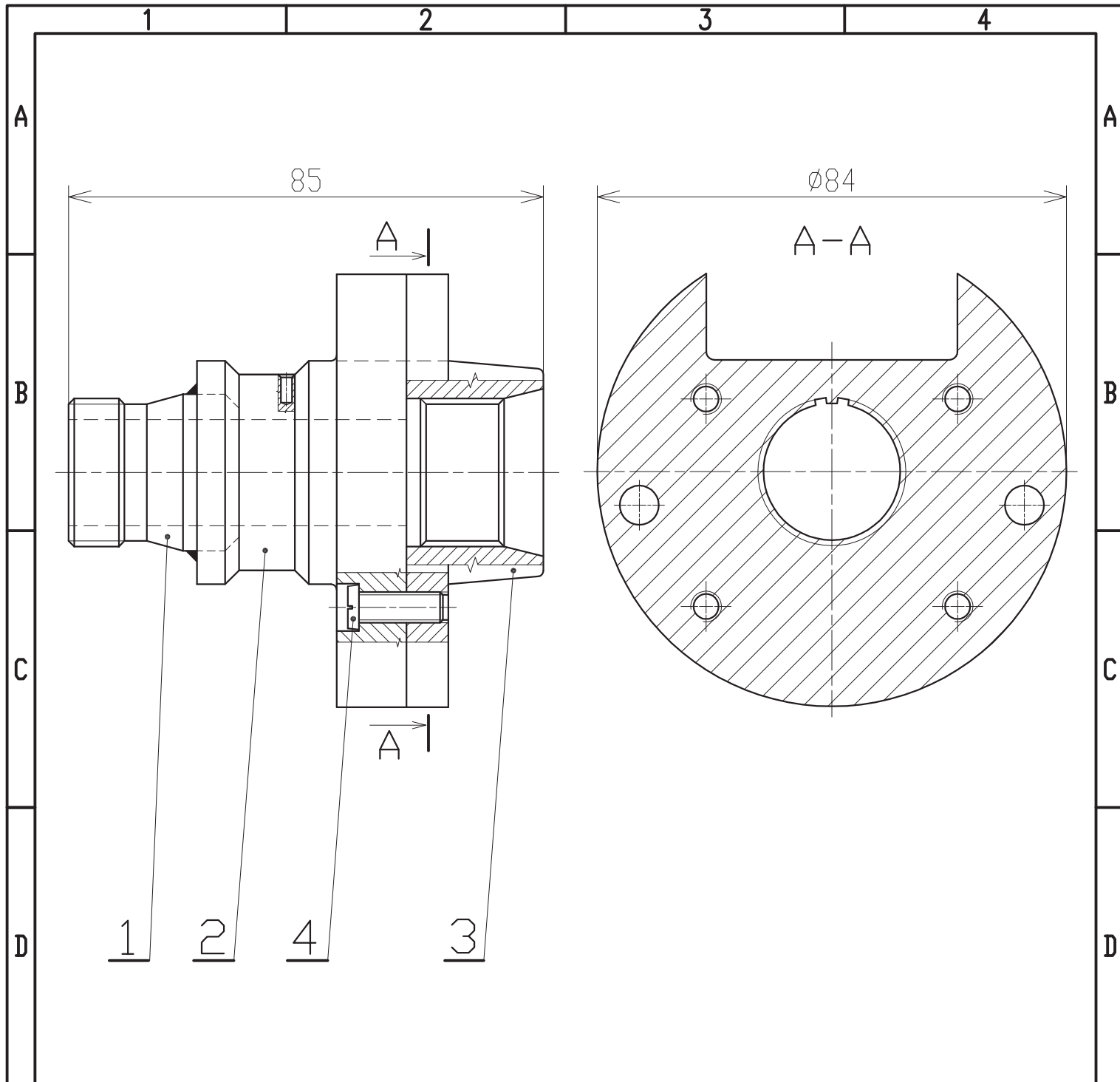
## **Seznam příloh**

Příloha 1 – Výkres BP1 – Nástavec

Příloha 2 – Výkres BP2 – Cívka

Příloha 3 – Výkres BP3 – Držák

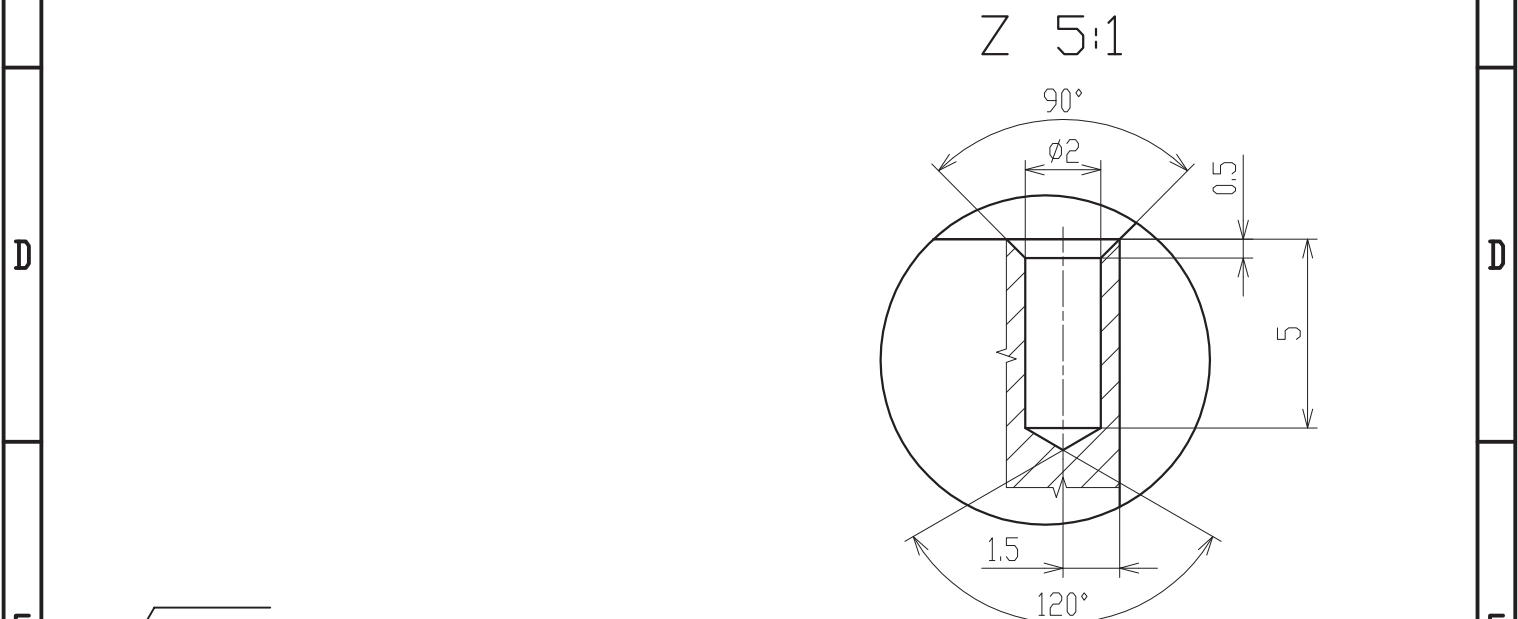
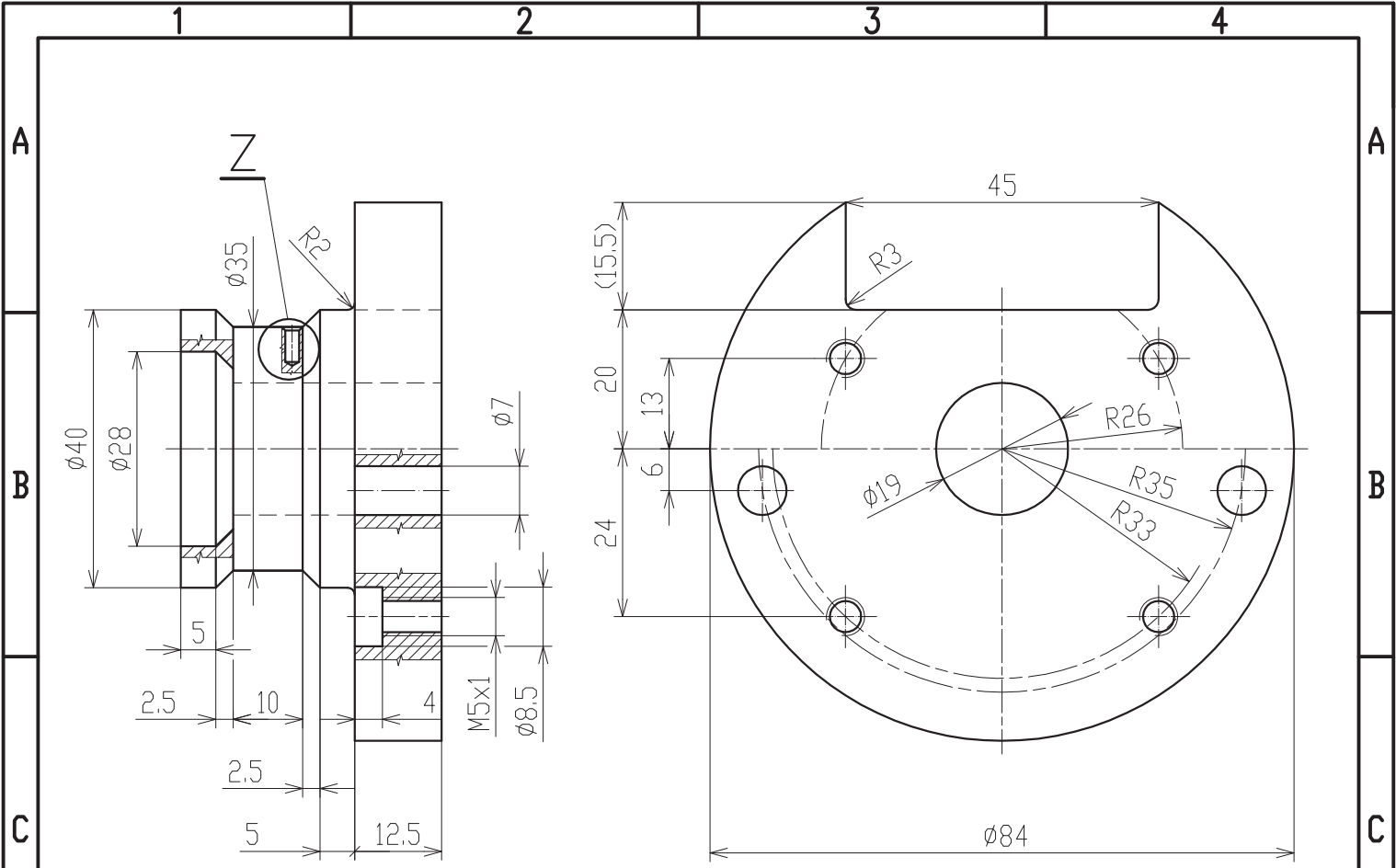
Příloha 4 – Výkres BP4 – Objímka




4	ŠROUB M5X1-15	ČSN021131		4
3	KOŠTRA	TRW		1
2	ČÍVKA	č.v. BP2		1
1	REDUKCE	VW		1
POZICE	NÁZEV, ROZMĚR	NORMA, VÝKRES	MATERIÁL	KS

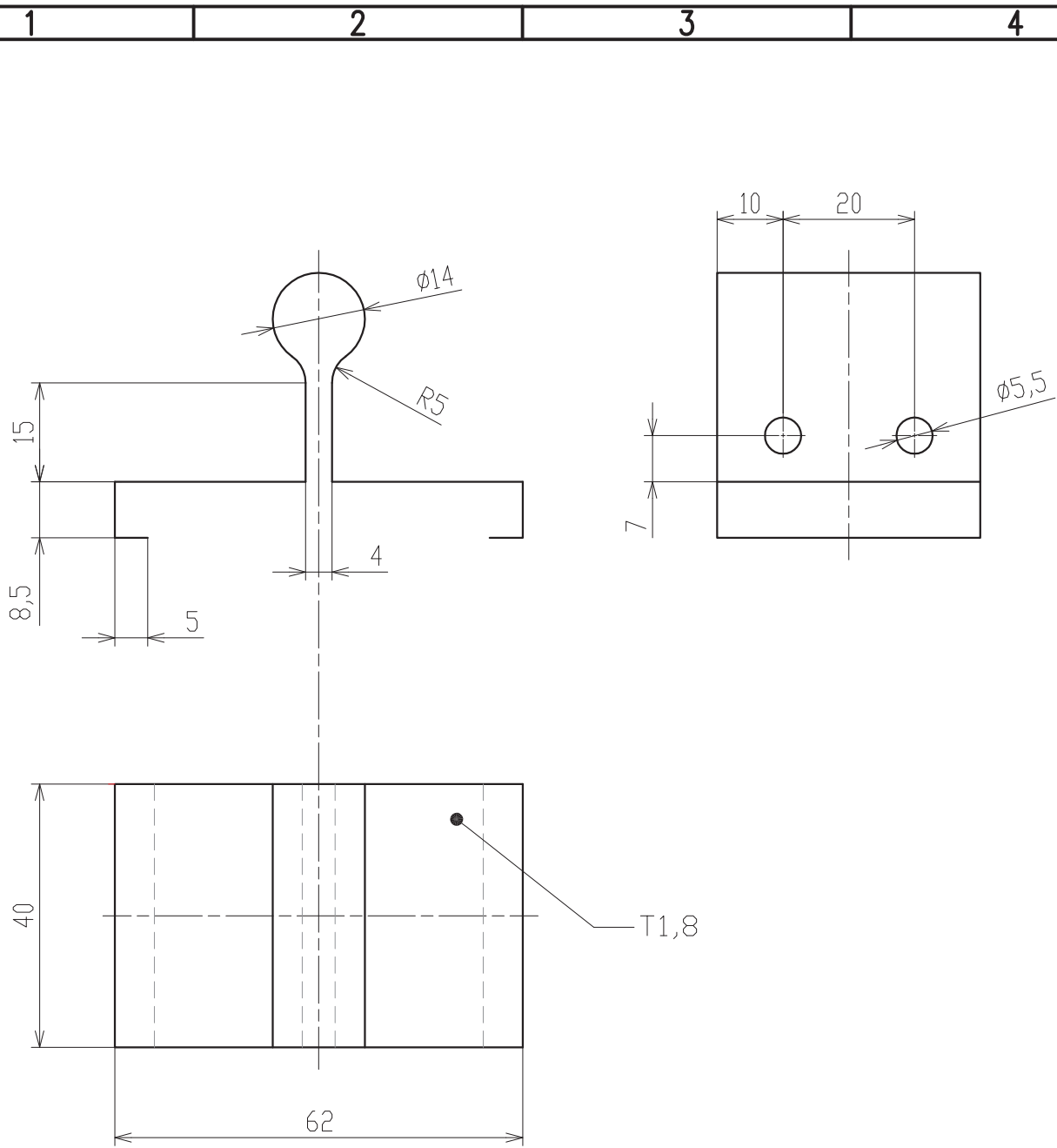
MĚŘÍTKO	KRESLIL	VANÍČEK	DNE	30.9.2010	PŘESNOST ISO 2768
	PŘEZKOUSĚL				TOLEROVÁNÍ ISO 8015
	NORM.REF.				NOVÝ VÝKRES
	TECHNOLOG				
	SCHVÁLIL				

F	TYP	SKUPINA	ČÍSLO VÝKRESU
	NÁZEV		
	NÁSTAVEC		BP1
			Listů: 1



 Ra 3.2 Nekótované hrany srazit 0.5x45°

		Ø85-100		ČSN425010	11373	1
POZICE	POLOTOVAR, ROZMĚR			NORMA, VÝKRES	MATERIÁL	KS
MĚŘÍTKO	KRESLIL	VANÍČEK	DNE 30.9.2010	PŘESNOST ISO 2768		
1:1	PŘEZKOUŠEL			TOLEROVÁNÍ ISO 8015		
	NORM.REF.			NOVÝ VÝKRES		
	TECHNOLOG					
		TYP		SKUPINA		
		NÁZEV		ČÍSLO VÝKRESU		
		CÍVKA		BP2		
				Listů: 1		List: 1



Rozvinutá délka plechu je 161 mm.

	P1,8x40-170		ČSN427336	ČSN424201	1
POZICE	POLOTOVAR, ROZMĚR		NORMA, VÝKRES	MATERIÁL	KS
MĚŘÍTKO	KRESLIL	VANÍČEK	DNE	30.9.2010	PŘESNOST ISO 2768
	PŘEZKOUSEL		TOLEROVÁNÍ ISO 8015		
1:1	NORM.REF.		NOVÝ VÝKRES		
	TECHNOLOG				
	SCHVÁLIL				
	TYP	SKUPINA			
	NÁZEV		ČÍSLO VÝKRESU		
	DRŽÁK		BP3		
			Listů: 1		List: 1

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

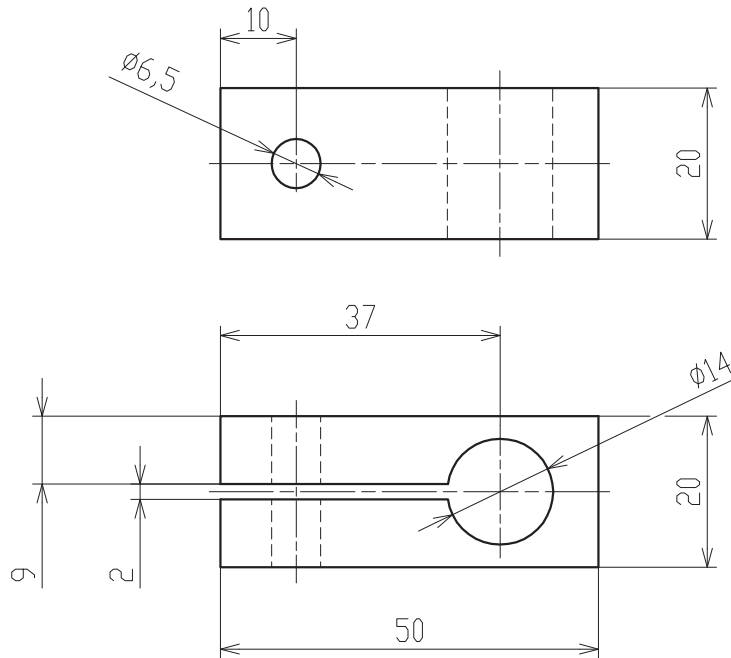
D

E

E

F

F



 Ra 12.5 Nekótované hrany srazit 0.5x45°

	4HR22Z		ČSN425520	11373	2
POZICE	POLOTOVAR, ROZMĚR		NORMA, VÝKRES	MATERIÁL	KS
MĚŘÍTKO	KRESLIL	VANÍČEK	DNE	30.9.2010	PŘESNOST ISO 2768
	PŘEZKOUSEL		TOLEROVÁNÍ ISO 8015		
1:1	NORM.REF.		NOVÝ VÝKRES		
	TECHNOLOG				
	SCHVÁLIL				
	TYP	SKUPINA			
	NÁZEV		ČÍSLO VÝKRESU		
	OBJÍMKA		BP4		
			Listů: 1		List: 1

1

2

3

4