



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSympo a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



Popis obsahu balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava,
zodpovědná osoba doc. Ing. Zdeněk Foltá, Ph.D.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, doc. G. Achtenová;
ŠKODA AUTO a. s., Ing. B. Novotný.

Hlavní cíl balíčku a jeho plnění za dobu projektu

Cíle jsou

- a) komplexní výzkum metod snižování hluku a vibrací ozubení a jejich ověření. Bude vytvořena databáze příčin vzniku vibrací a hluku ozubení a zpracována metodika jejich možné eliminace;
- b) kompaktní a lehký řadič mechanismus převodovky s ozubenými koly.



Popis obsahu balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

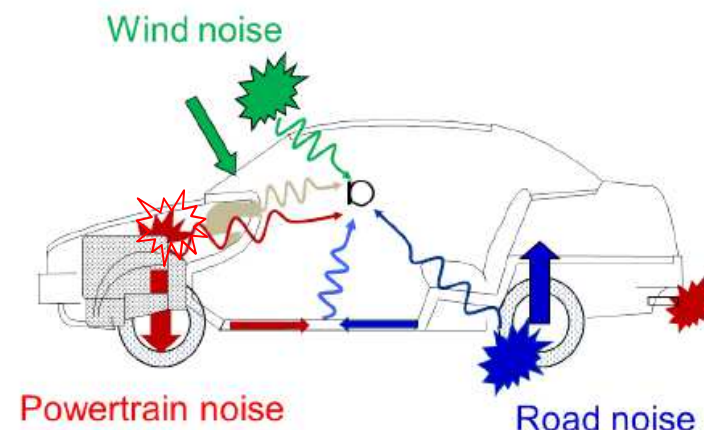
Stručný popis obsahu balíčku

Jedním z velice významných parametrů automobilu pro zákazníka je jeho hluk. Převodová skříň je jedním z jeho zdrojů.

Proto je významné provádět výzkum vlivu přesnosti, tvaru a tuhosti ozubení, zejména u nestandardního profilu HCR, na hluk a vibrace.

Motorový prostor velmi omezuje modifikace převodových skříní.

Kompaktní a lehký řadicí mechanismus převodovky s ozubenými koly umožní do stávající převodovky umístit další převodový stupeň (podíl ČVUT na WP 16).



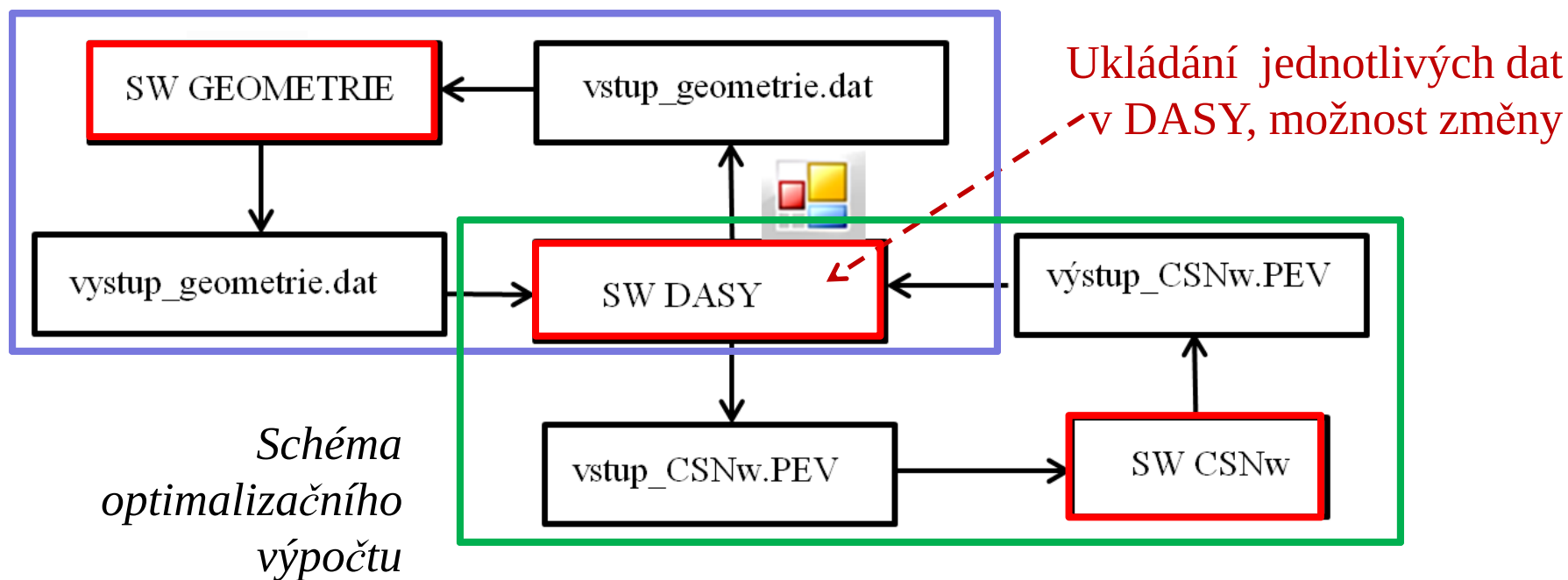


Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Splnění dílčích cílů pracovního balíčku a dosažené výsledky za poslední rok projektu.

WP01: DASY (VŠB-TUO)

Spolupráce „DASY“, „Geometrie“ a „Pevnostního výpočtu“

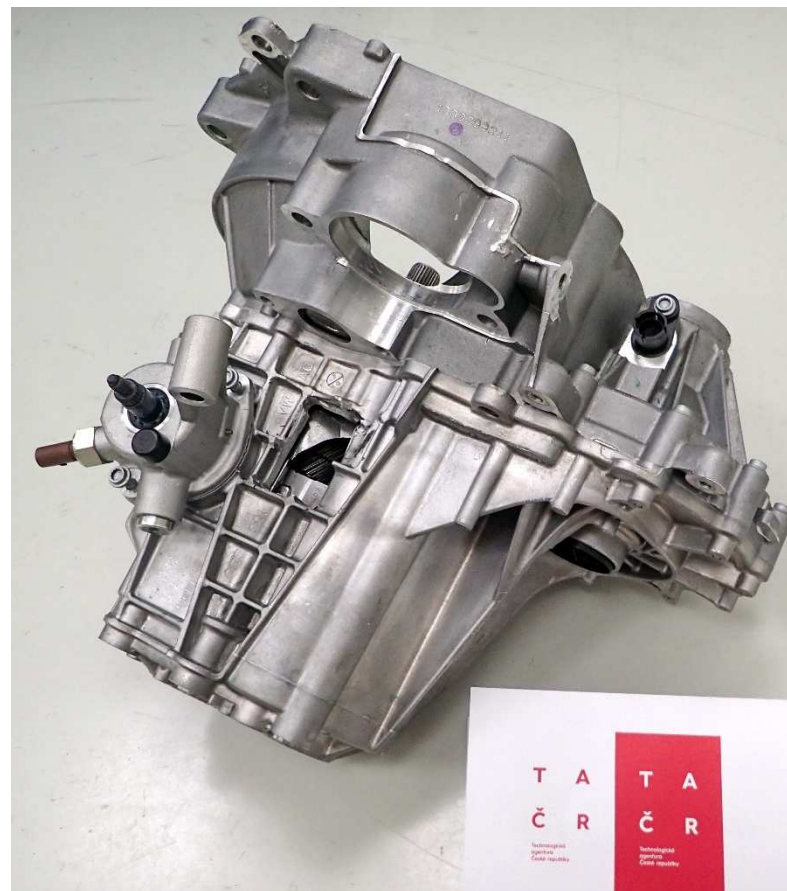
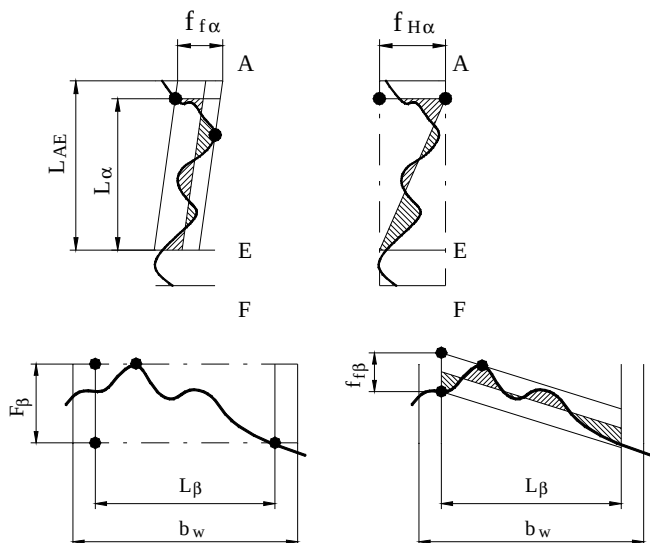




Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Splnění dílčích cílů pracovního balíčku a dosažené výsledky za poslední rok projektu.

WP16C06: Návrh modifikací ozubení pro převodovky partnera vedoucí ke snížení hluku a vibrací ozubení a zvýšení životnosti. (VŠB-TUO)

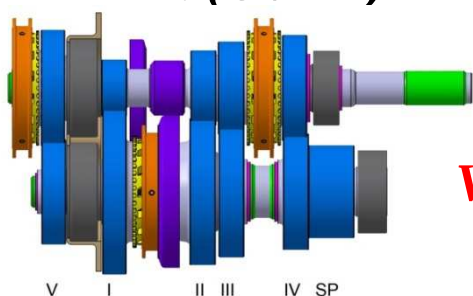




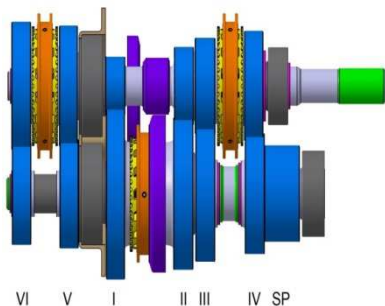
Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Splnění dílčích cílů pracovního balíčku a dosažené výsledky za poslední rok projektu.

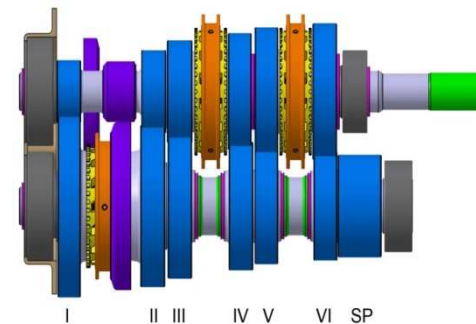
WP16C09: Koncepce stupňové hřídelové převodovky s novým mechanismem řazení. (ČVUT)



V1

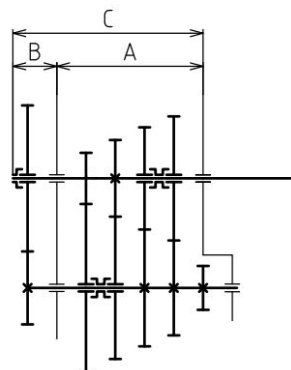


V2



V3

DP2016: D. Lipčák:
Úprava vnitřního
mechanismu řazení
pro následnou
automatizaci.



*Rychlost navíc,
kratší zástavba!*

Úsek		A	B	C
Původní převodovka	[mm]	163,1	60	223,1

TE 0102 0020

I A
Č R

Technologická agentura
České republiky

Str. 5

Varianta č.	1	Úsek		A	B	C
	(5 r. s.)	Délka	[mm]	147,95	46,25	194,2
		Úspora	[mm]	15,15	13,75	28,9
	2	Úspora	[%]	9,3	22,9	13,0
		Úspora	[%]	9,3	-13,3	3,2
3	(6 r. s.)	Délka	[mm]	147,95	68	215,95
		Úspora	[mm]	15,15	-8	7,15
	(6 r. s.)	Délka	[mm]	202,85	--	216,55
		Úspora	[mm]	-39,75	--	6,55
		Úspora	[%]	-24,4	--	2,9



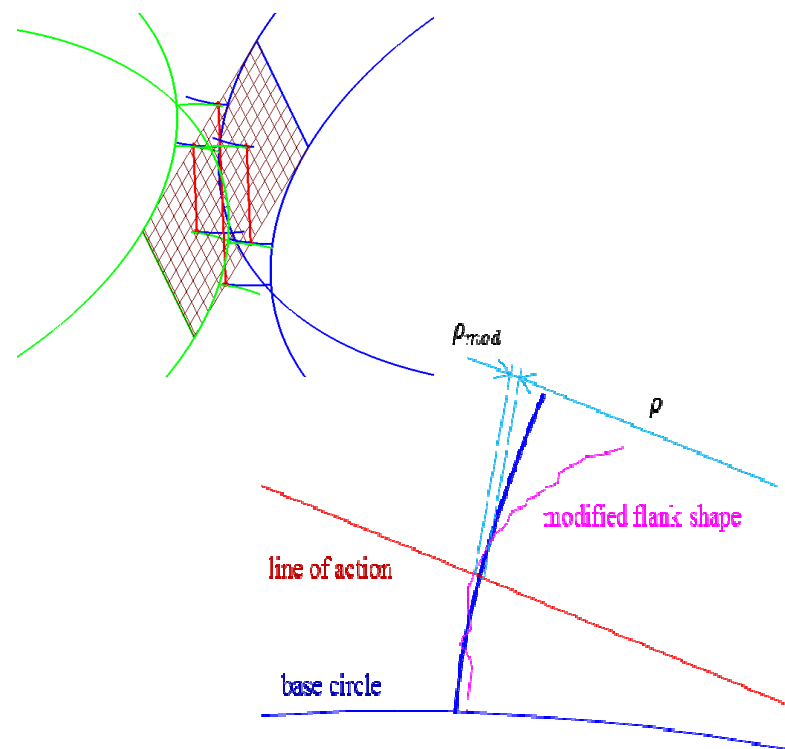
Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Splnění dílčích cílů pracovního balíčku a dosažené výsledky za poslední rok projektu.

WP16C10: Model kontaktů v převodovkách s ozubenými koly pro simulaci vibrací a hluku. (ČVUT)

Dynamický model záběru ozubených kol (software)

- Výstupem je průběh sil v záběru ozubených kol (alternativně Transmission Error).
- Model vyšetřuje oblasti kontaktu z teoretického profilu ozubení.
- Zahrnuje vliv mikro a makro deformací zubů, ozubených kol a hřídelí.
- Při výpočtu kontaktní síly je brána v potaz poddajnost zubu a ozubeného kola, výpočet kontaktu je založen na modifikované teorii Hertzových tlaků.



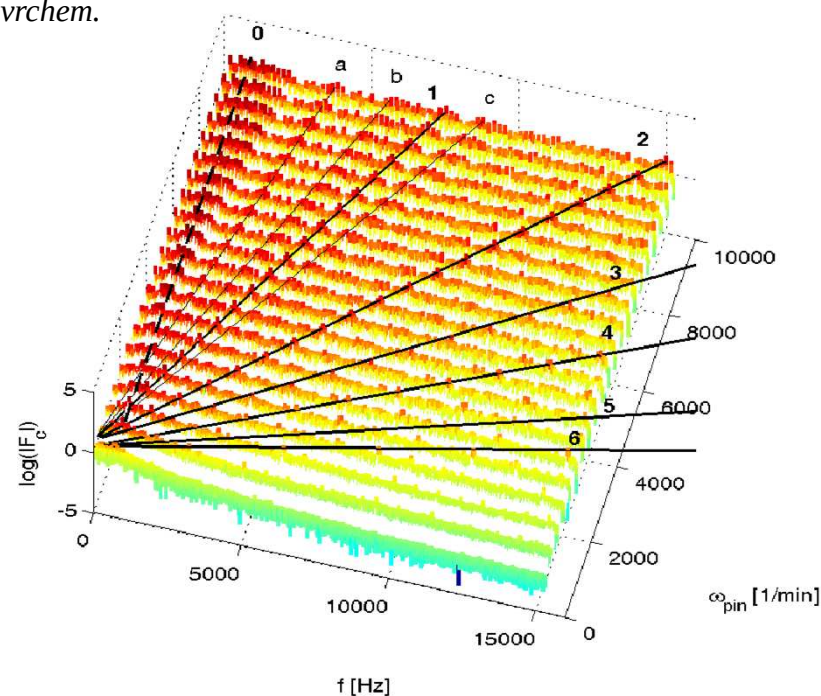
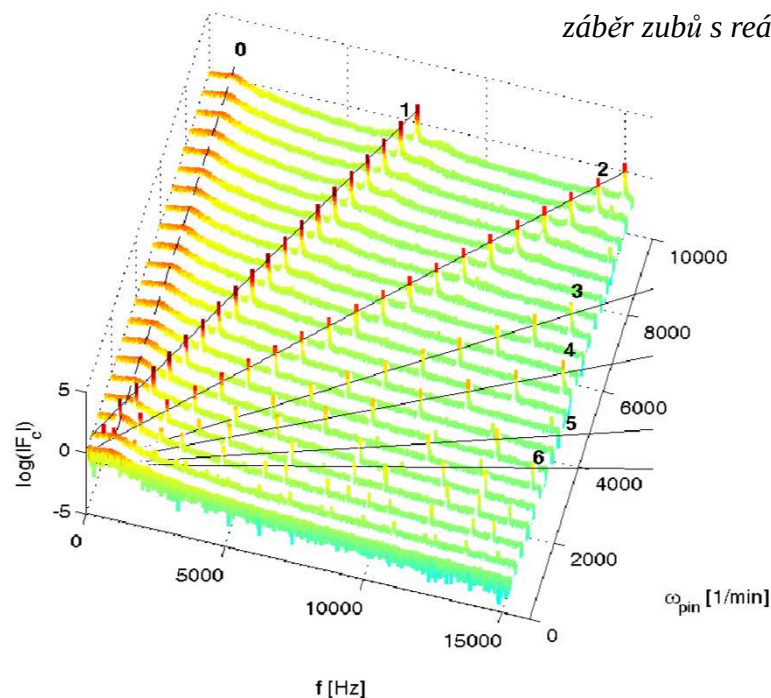


Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Splnění dílčích cílů pracovního balíčku a dosažené výsledky za poslední rok projektu.

WP16C10: Model kontaktů v převodovkách s ozubenými koly pro simulaci vibrací a hluku. (ČVUT)

Frekvenční závislosti kontaktní síly v závislosti na otáčkách, vlevo ideální záběr, vpravo záběr zubů s reálným povrchem.





Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Splnění dílčích cílů pracovního balíčku a dosažené výsledky za poslední rok projektu.

2017V085 WP16: Testovací přípravek pro zjištění chování ozubených kol na jehlových ložiscích



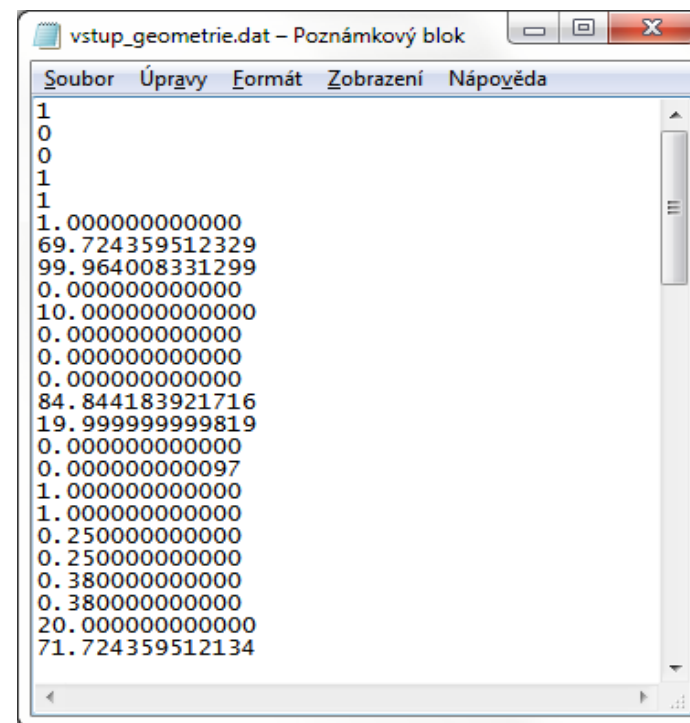
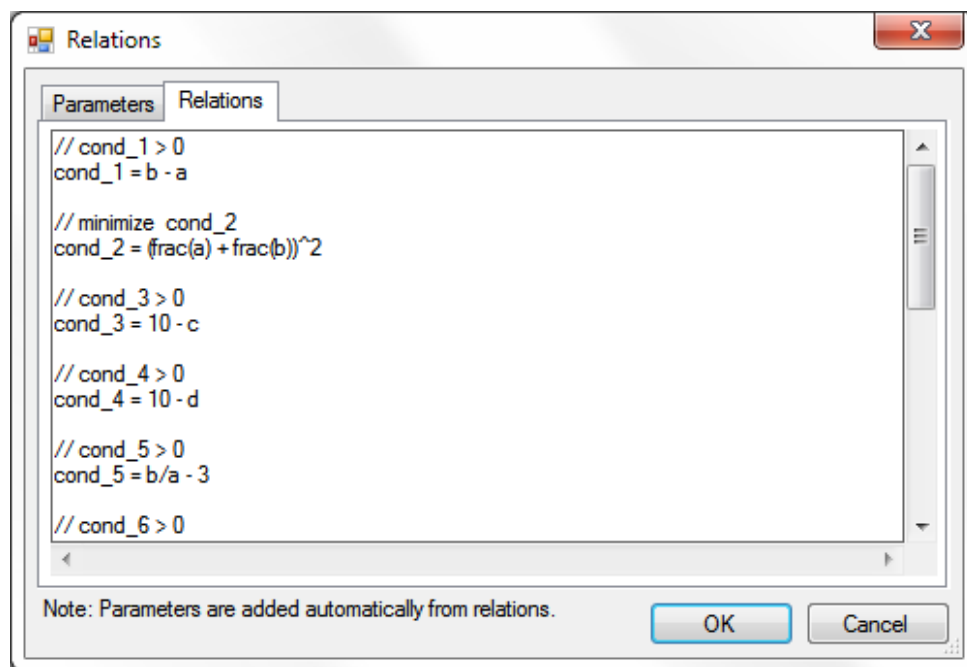
Experimenty budou probíhat i v následujícím období na bázi smluvního výzkumu.



Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Splnění dílčích cílů pracovního balíčku a dosažené výsledky za poslední rok projektu.

WP01: DASY (VŠB-TUO) - Spolupráce „DASY“, „Geometrie“ a „Pevnostního výpočtu“

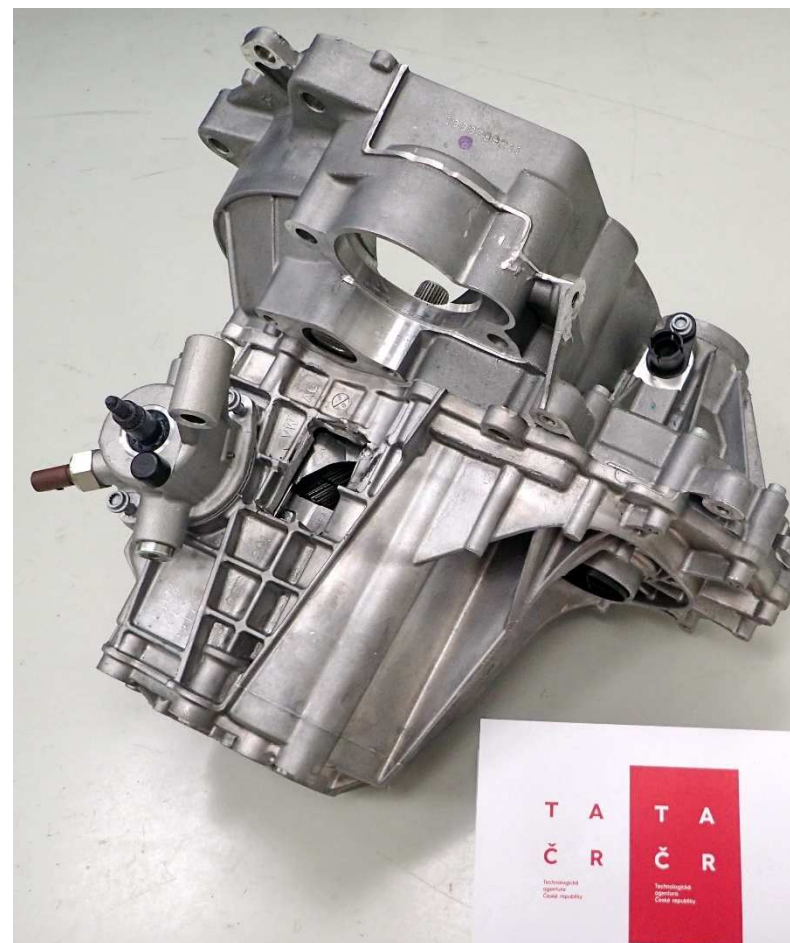
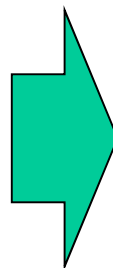
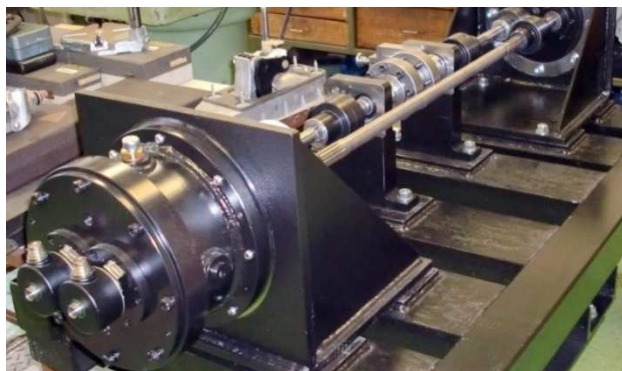




Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Plnění celkových cílů projektu

Modifikované ozubení převodovky MQ100 jako výsledek výzkumu vlivů na hluk převodovky.





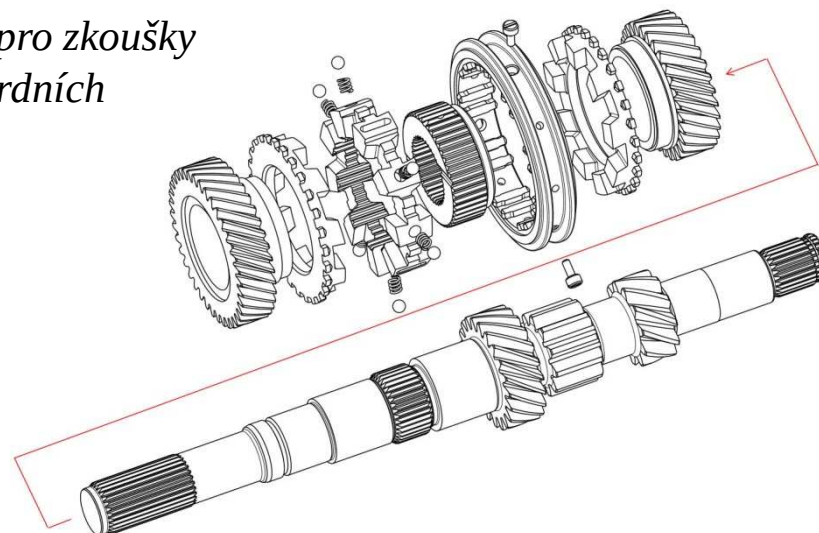
Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Plnění celkových cílů projektu

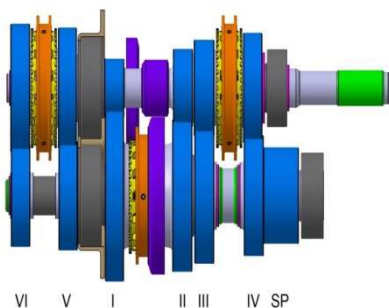
WP16C07+08+09: Relizace experimentálního zařízení. Nový mechanismus řazení. Koncepce převodovky. (ČVUT)



Experimentální zařízení pro zkoušky standardních a nestandardních řadicích mechanismů.



Náhrada synchronizační spojky 3. a 4. stupně za novou zubovou spojku – patentová přihláška 2016-761.



Koncepce převodovky s kratší zástavbovou délkou, nebo vyšším počtem převodových stupňů.



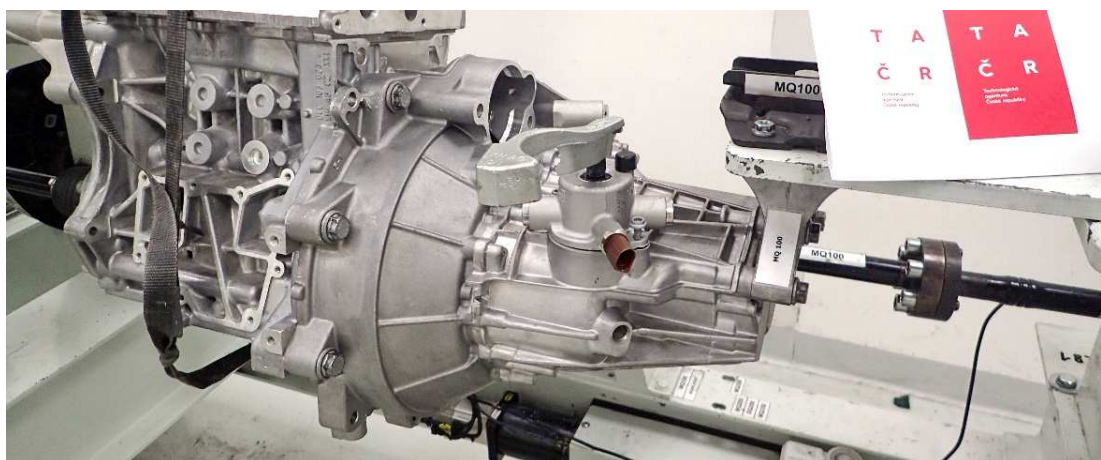
Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP16C06: Návrh modifikací ozubení pro převodovky partnera vedoucí ke snížení hluku a vibrací ozubení a zvýšení životnosti. (VŠB-TUO)

- K danému cíli byla vypracována **výzkumná zpráva** číslo F12 - 347/2017 s názvem „Návrh modifikací ozubení pro převodovky partnera vedoucí ke snížení hluku a vibrací ozubení a zvýšení životnosti“ a předána partnerovi – Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav.
- Výsledkem je realizovaný **funkční vzorek** převodovky MQ100, na kterém se budou provádět experimenty jak z hlediska průhybů hřídelů a deformací převodovky, tak ověřování hlukových emisí.

*Funkční vzorek na
standu pro kontrolu
stop ozubení ve Škoda
Auto a.s.*





Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

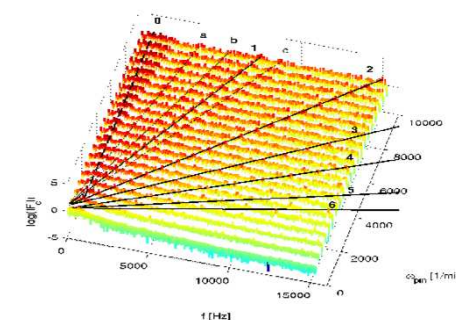
WP16V008: Návrh převodovky s novým mechanismem řazení.

Výsledkem realizace je diplomová práce Dmitrije Lipčaka, úprava vnitřního mechanismu řazení pro následnou automatizaci, DP2016 (výsledek X – technická zpráva).



WP16V009: Software pro analýzu kontaktů v převodovkách s ozubenými koly pro simulaci vibrací a hluku.

Výsledkem realizace je software s názvem GMC určený pro analýzu kontaktů v převodovkách s ozubenými koly (výsledek R – software)





Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

2017V085 WP16: Testovací přípravek pro zjištění chování ozubených kol na jehlových ložiscích

- K danému cíli byla vypracována **diplomová práce** Bc. Václava Moslera s názvem „Měřicí přípravek pro měření naklonění ozubeného kola“ (výsledek X – technická zpráva).
- Výsledkem realizace je připravený **funkční vzorek** testovacího standu/přípravku, na kterém se budou provádět experimenty z hlediska chování ozubených kol na jehlových ložiscích v průběhu zatížení v závislosti na otáčkách a zatížení (výsledek G – funkční vzorek). Výsledky měření budou uvedeny v **technické zprávě** určené pro použití u partnera - Škoda Auto a.s.
- Problematika byla prezentována v **článku** na konferenci „An Apparatus for Measurement of Inclination of Gears on Needle Bearings“.





Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Návaznosti a budoucí využití získaných poznatků

V následujícím období budou poznatky z výzkumu dále uplatňovány pro:

- spolupráci mezi VŠB-TUO a Škoda Auto a.s. v navrhování modifikací dalších převodových skříní z hlediska snižování hlukové emise a delší trvanlivosti,
- pokračování v testování chování ozubených kol uložených na jehlových ložiscích pro různé převodové stupně, jejich modifikace z hlediska tvaru ozubení a z hlediska konstrukčních vůlí a výrobních tolerancí v uložení na jehlách,
- testování chování nového typu synchronizačních spojek z hlediska chování ozubených kol a jejich vliv na hlukové emise, testování funkčnosti a životnosti standardních řadicích mechanismů. Měření ztrát protáčení,
- další vývoj metodiky měření chyby převodu a její souvislosti s tvary ozubení a jejich modifikacemi v návaznosti na vibrace a hlukové emise.

To vše by mělo probíhat na základě smluvního výzkumu nebo případných projektů za využití testovacích standů a přípravků a metodik měření vyvinutých a ověřených v rámci činnosti Centra kompetence.



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSympo a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Děkuji za pozornost



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



Výtah z prací 2012-2017 na WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk

Testovací stand s uzavřeným tokem výkonu pro měření chyby převodu, hluku a vibrací (VŠB - TU Ostrava)



Modifikované ozubení převodovky MQ100 jako výsledek výzkumu vlivů na hluk převodovky (VŠB - TU Ostrava)



Náhrada synchronizační spojky za zubovou spojku Maybach + nová zubová spojka Pakoshift (ČVUT v Praze).



Experimentální testovací stand pro ověření životnosti a funkčnosti vnitřních mechanismů řazení (ČVUT v Praze).





**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -



Results of WP16 Achieved 2012-2017: Improvements of the gears for increased durability, low weight and low noise.

Testing stand with closed power circuit for transmission error and vibration of the pair of gears measurement (VSB - TU Ostrava)



Modified gearing of the MQ100 gearbox as a result of the research influence on the gearbox noise (VSB - TU Ostrava)



Replace synchronization clutch for Maybach gear clutch + newly invented dog clutch Pakoshift (CVUT in Prague)



Test stand for experimental verification of durability and functionality of internal shift mechanisms (CVUT in Prague).





FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -

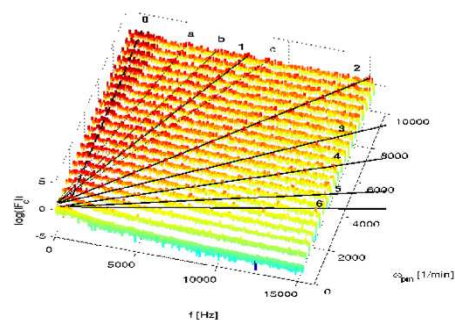


Výtah za r. 2017 z provedených prací na WP16VaV: Zdokonalení ozubených převodů pro vyšší trvanlivost, nízkou hmotnost a nízký hluk.



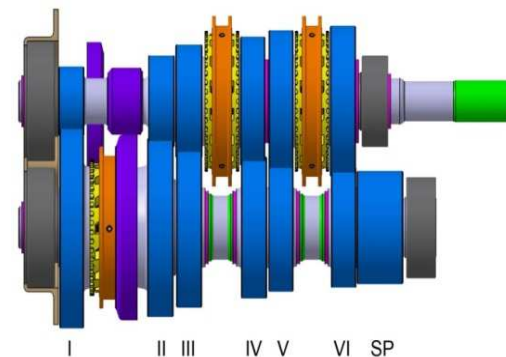
*Modifikované ozubení převodovky
MQ100 jako výsledek výzkumu
vlivů na hluk převodovky
(VŠB - TU Ostrava)*

*Testovací přípravek pro
zjištění chování
ozubených kol na
jehlových ložiscích
(VŠB - TU Ostrava).*



*Software pro analýzu
kontaktu čelního
ozubení
(ČVUT v Praze).*

*Koncepce stupňové
převodovky s novým
mechanismem řazení
(ČVUT v Praze).*





FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

- AutoSymposium a Kolokvium Božek 31. 10. až 2. 11. 2017, Roztoky -

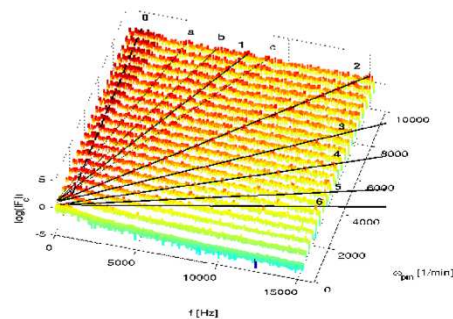
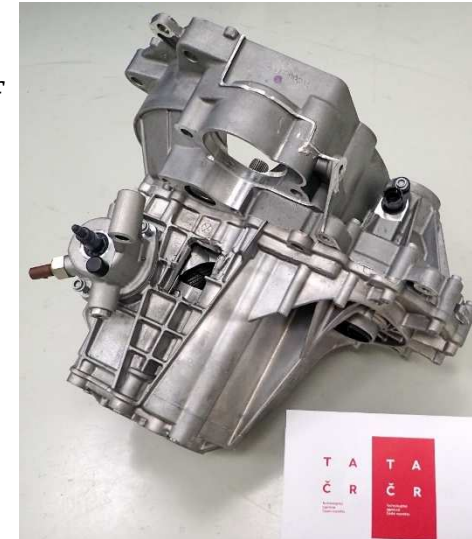


Abstract 2017 of WP16VaV: Improvements of the gears for increased durability, low weight and low noise.



*Testing tool for detecting
the behavior of gears on
needle bearings
(VSB - TU Ostrava)*

*Modified gearing of the
MQ100 gearbox as a result of
the research influence on the
gearbox noise
(VSB - TU Ostrava).*



*Software for analysis
of contact of spur and
helical gears.
(ČVUT v Praze).*

*Proposal of the
gearbox concept
with new shift
mechanism
(CVUT in Prague).*

