



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

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



WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, zodpovědná osoba Ing. Marcel Škarohlíd, Ph.D.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Technická univerzita v Liberci – S. Beroun; AICTA Design Work, s.r.o. – J. Hořenín; BRANO - Havrda

Hlavní cíl balíčku

WP03A - Přizpůsobení přípravy směsi a spalovacích systémů vozidlových nebo zdrojových spalovacích motorů různým plynným palivům z biomasy, zpracování odpadů nebo odpadních plynů z různých výrobních procesů bez větší ztráty účinnosti motoru na úrovni regulovaného znečištění oxidy dusíku. (ČVUT, AICTA)

WP03B - Optimalizace konstrukce palivového systému se vstřikováním kapalného LPG do sacího (plnicího) traktu motoru, výroba funkčních vzorků vstřikovačů LPG, ověřovací laboratorní zkoušky vozidlových motorů při provozu na LPG. (TUL)

WP03C - Zlepšení nezávislých vozidlových topení použitím hořáků s nulovými emisemi CO₂. (BRANO, ČVUT)



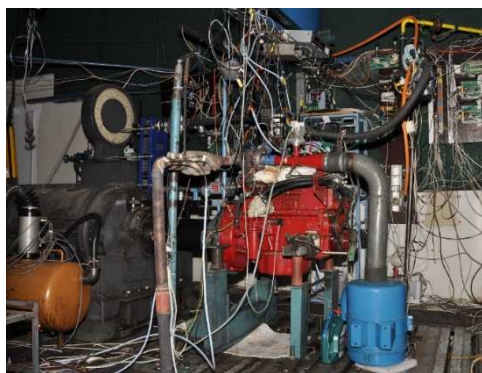
WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Plnění cílů

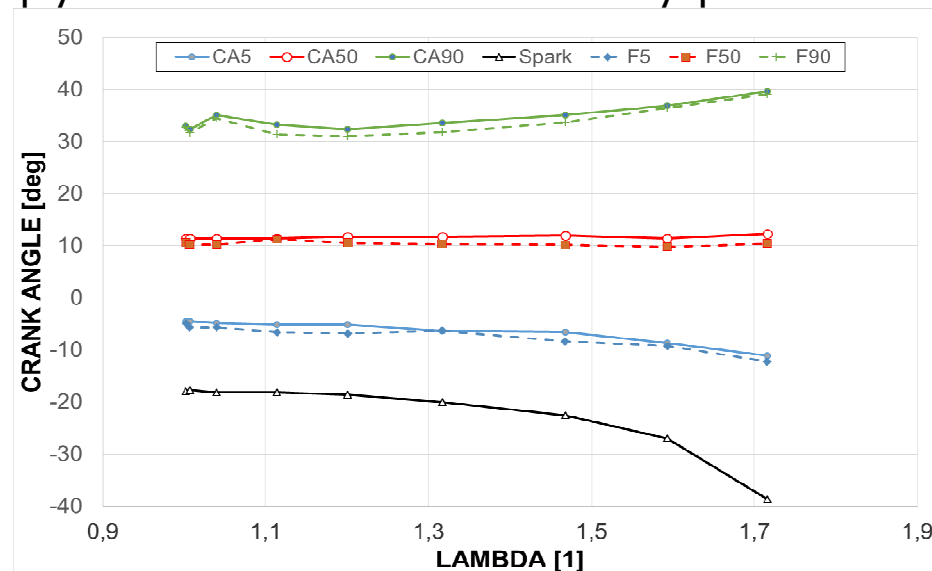
WP03M05: Zobecněné pokyny pro využití paliv v závislosti na aktuálních požadavcích trhu a splňující 5% neobnovitelného CO₂

- Měření – regulační charakteristika pro CA=10 °aTDC a IMEP v rozsahu 2,5 až 4,6 bar
 - zemní plyn (36-51%) a plynné složky CO (16-21%), CO₂ (27-35%) a H₂ (4-6%)
 - zemní plyn (62-75%) a plynné složky N₂ (8-13%), C₃H₈ (8-12%) a H₂ (8-12%)
- Stanoven postup pro určení optimálních parametrů motoru pro provoz na různé plynné směsi
- Verifikován model hoření pro vícesložkové plynné směsi - modelové hodnoty průběhu hoření odpovídají výsledkům měření

*Testovacího stanoviště včetně
funkčního vzorku motoru*



POROVNÁNÍ MODELOVÝCH (F5, F50, F90)
A EXPERIMENTÁLNÍCH (CA5, CA50, CA90)
HODNOT PRO SMĚS ZP/CO/CO₂/H₂





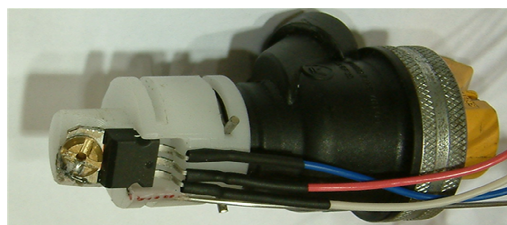
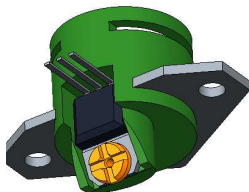
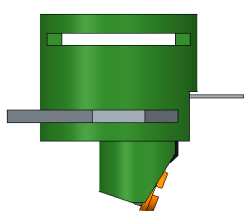
Název aktivity WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG.

Dílčí cíl WP03C05: Palivový systém plynového dvojpalivového vozidlového motoru se vstřikováním kapalného LPG nebo přívodem jiného plynného paliva

Řešitelský tým (KVM TUL): S. Beroun, P. Brabec, A. Dittrich, J. Popelka, T. Zvolský

Popis dílčího cíle: Plynový vznětový (tzv. dvojpalivový) motor, provozovaný současně na plynné palivo jako hlavní a na kapalné palivo (motorovou naftu) jako zapalovací. Proti čistě naftovému motoru má plynový vznětový motor určitá specifika, daná vlastnostmi použitého plynného paliva. Podmínkou pro realizaci plynového vznětového motoru je vhodný palivový systém s potřebnými vlastnostmi a propojením regulace dávkování plynného a kapalného paliva v závislosti na provozním režimu motoru.

Řešení: Experimentální práce jsou realizovány v laboratoři pohonných jednotek KVM TU v Liberci na vozidlovém vznětovém přeplňovaném motoru CUMMINS ($V_z = 4,5 \text{ dm}^3$). Vnější tvoření směsi vstřikováním kapalného LPG je řízeno v závislosti na provozním režimu motoru ovládacím SW řídící jednotky SOLARIS Diesel+LPG, propojujícím palivové systémy vznětového motoru (nafta) a přídavného plynného paliva (LPG). Palivový systém LPG je vytvořen z komponent fy VIALLE (tlakový palivový zásobník s čerpadlem, rozvod paliva s regulátorem tlaku a vstřikovací elektromagnetické ventily).



Konstrukce a výroba koncové části vstřikovače kapalného LPG s elektrickým ohřevem výtokové trysky a minimální redukcí průtokového průřezu v sacím potrubí motoru je vlastní (KVM TUL) a zajišťuje bezproblémové vnější tvoření směsi (- viz model a foto).



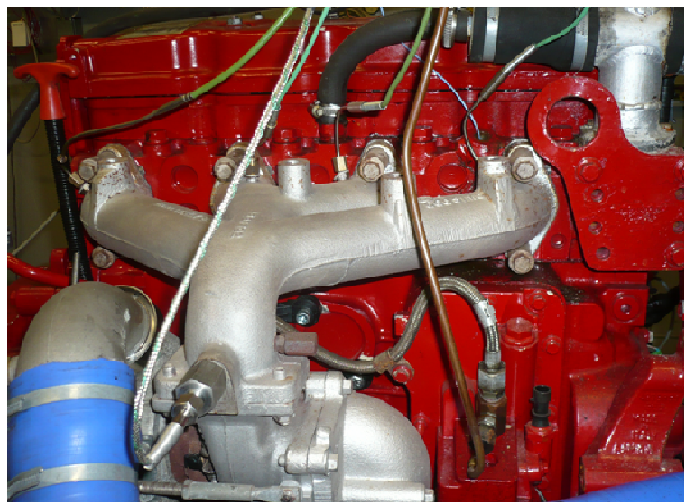
Název aktivity WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG.

Výsledek WP03V009: Funkční vzorek vozidlového zážehového motoru se vstřikováním kapalného LPG s vysokou provozní spolehlivost (ident.č. TE01020020V009)

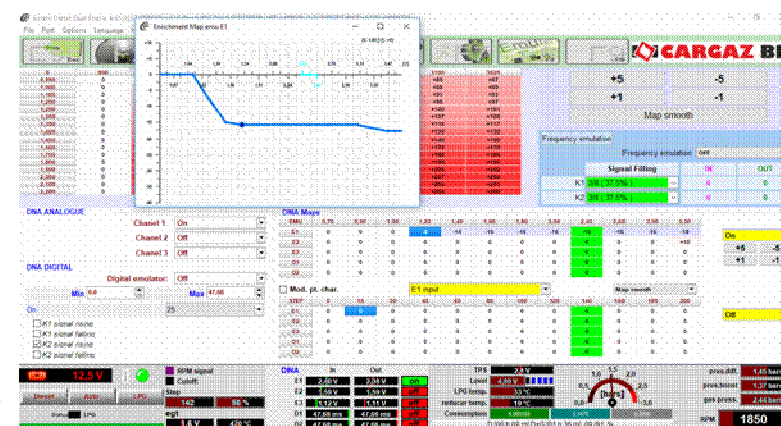
Kategorie G - technicky realizované výsledky - prototyp, funkční vzorek

Popis výsledku: Vozidlový motor v provedení pro alternativní provoz na kapalné palivo nebo LPG. Výsledky porovnávacích měření motoru při provozu na kapalné palivo a na LPG s komplexním vyhodnocením výkonových, energetických, termodynamických a emisních parametrů motoru.

Řešení: Výsledek je v podobě funkčního vzorku zkušebního plynového vznětového motoru v laboratoři pohonných jednotek KVM TU v Liberci. Jeho fyzickou identitu v laboratoři ukazuje foto vybraných částí motoru a příslušenství.



Pohled na výfukovou stranu motoru: teplota výfukových plynů je měřena na výstupu z každého válce motoru (významné z hlediska kvality směsi v jednotlivých válcích a před turbínou).



Pohled na monitor ovládacího SW řídící jednotky SOLARIS Diesel+LPG. Vložený graf na snímku nahoře ukazuje dávku LPG.

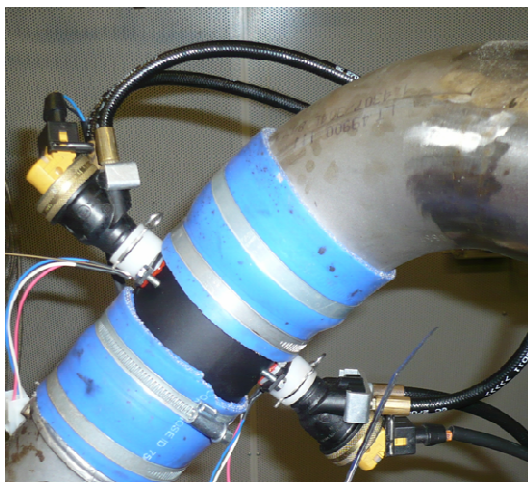


Název aktivity WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG.

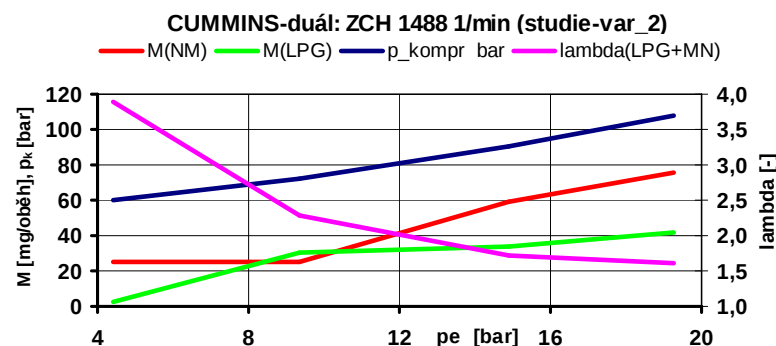
Dílčí výstup WP03V007: Směrnice pro konverzi vozidlového vznětového motoru na vozidlový plynový vznětový motor na LPG. (ident.č. TE01020020DV007)

Popis dílčího výstupu: Stanovení koncepce palivového systému se vstřikováním kapalného LPG pro plynový vznětový motor podle výsledků experimentálního výzkumu na vozidlovém plynovém vznětovém motoru na LPG.

Řešení: Směrnice je zpracována v podobě Technické zprávy se studijní a experimentální částí a stanoviskem pro optimální variantu vnějšího tvoření směsi vstřikováním kapalného LPG do sacího traktu motoru. Stěžejní význam pro výsledek řešení má zkušební vznětový motor s úpravami a LPG příslušenstvím na zkušebním stanovišti. Úpravu motoru a výpočtový návrh pro seřízení dvojpalivového provozu ukazuje foto a graf.



Vstřikovače LPG jsou umístěny za chladičem plnicího vzduchu, před plnicím potrubím motoru. Přívod LPG do plnicího vzduchu není synchronizován se sacím zdvihem, velikost dávky určuje frekvence a doba otevření EV vstřikovače LPG.



Přebytek vzduchu v čerstvé náplni válce je rozhodující pro chod dvojpalivového motoru bez klepání ve vysokém zatížení motoru.



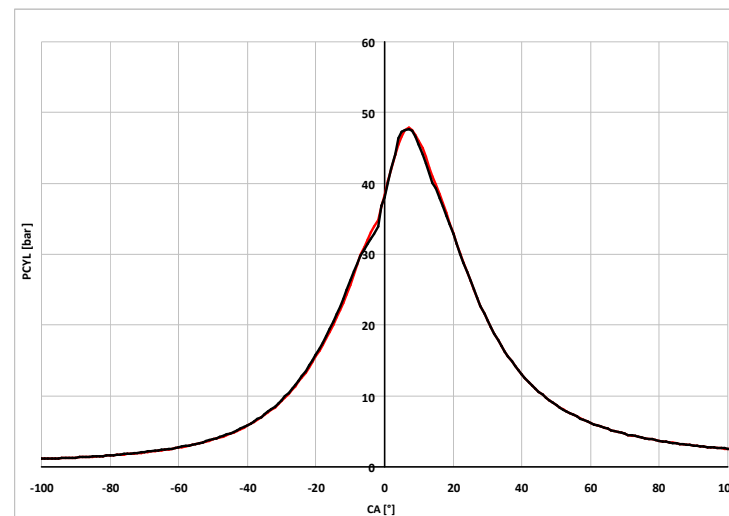
Název aktivity WP03A14: Experimentální výzkum a vývoj konverze motorů na kapalná paliva pro použití LPG.

Dílčí výstup WP03V007: Směrnice pro konverzi vozidlového vznětového motoru na vozidlový plynový vznětový motor na LPG. (ident.č. TE01020020DV007)

Popis dílčího výstupu: Stanovení koncepce palivového systému se vstřikováním kapalného LPG pro plynový vznětový motor podle výsledků experimentálního výzkumu na vozidlovém plynovém vznětovém motoru na LPG.

Řešení: Směrnice je zpracována v podobě Technické zprávy se studijní a experimentální částí a stanoviskem pro optimální variantu vnějšího tvoření směsi vstřikováním kapalného LPG do sacího traktu motoru. Stěžejní význam pro výsledek řešení má zkušební vznětový motor s úpravami a LPG příslušenstvím na zkušebním stanovišti. Úpravu motoru a výpočtový návrh pro seřízení dvojpalivového provozu ukazuje foto a graf.

Ukázka z měření průběhu tlaku ve válci plynového vznětového motoru v režimu $n = 1500 \text{ 1/min}$ a $M_t = 180 \text{ Nm}$ (červeně je průběh při provozu motoru na 50% NM+50% LPG, černě provoz pouze na 100% NM). Měřené veličiny na zkušebním plynovém vznětovém motoru umožňují vyšetřování vlivu seřízení motoru na významné provozní parametry a vlastnosti motoru v dvojpalivovém provozu.





WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Plnění cílů a výsledků

WP03A

WP03M05: Zobecněné pokyny pro využití paliv v závislosti na aktuálních požadavcích trhu a splňující 5% neobnovitelného CO₂.

WP03B

WP03C05: Palivový systém plynového vznětového (dvojpalivového) vozidlového motoru se vstřikováním kapalného LPG.

WP03M04: Palivové systémy pro vozidlové motory se vstřikováním kapalného LPG, optimalizace provedení palivových systémů pro různé typy vozidlových motorů a různé provozní podmínky.



WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP03A

TE01020020V079 - WP03V008: Podklady pro modelování motorů na různé plyny – software.

Termín 12/2017, software realizován, dostupný na stránkách ČVUT, splněno.

WP03B

TE01020020V080 - WP03V009: Funkční vzorek vozidlového zážehového motoru se vstřikováním kapalného LPG s vysokou provozní spolehlivostí.

Termín 12/2017, výsledek je v podobě funkčního vzorku zkušebního plynového vznětového motoru v laboratoři pohonných jednotek KVM TU v Liberci.



WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Celkové zhodnocení dopadu výsledků a jejich průběžná i budoucí realizace

WP03A

Pokyny pro využití paliv v závislosti na aktuálních požadavcích trhu a splňující 5% neobnovitelného CO₂ provedeny formou výzkumné zprávy. Dostupné všem partnerům, využití zejména v kombinaci s použitím SW GT-POWER pro modelování plynových motorů. V rámci Centra kompetence SW využívány pro WP11, mimo centrum kompetence jsou nyní aktivně využívány ve smluvním výzkumu (např. TEDOM), nástroj pro řešení diplomových prací.

WP03B

Všechny cíle aktivity WP03B byly splněny, technické poznatky z realizovaného výzkumu umožní snížit náklady a zkrátit čas při následném průmyslovém výzkumu a vývoji vozidlových motorů pro alternativní provoz na LPG. Komerční využití výsledku však závisí na postoji výrobců automobilů k alternativnímu palivu LPG. Zájem výrobců automobilů o plyná paliva pro vozidla se bohužel v průběhu řešení projektu přeorientoval především na CNG. Některé vlastnosti LPG však udržují relativně velký zájem o jeho používání u osobních automobilů i v plynových vznětových motorech (nafta+LPG) pro nákladní dopravu. Zájem o využití LPG jako motorového paliva by byl i příspěvkem k efektivnějšímu využití produktů petrochemického průmyslu.



WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

Celkové zhodnocení dopadu výsledků a jejich průběžná i budoucí realizace

WP03C

Všechny cíle aktivity WP03C byly splněny, byly realizovány prototypy hořáku a spalovací komory pro nezávislé topení na paliva z obnovitelných zdrojů, prototyp čerpadla pro dodávku bionafty a etanolu pro nezávislé topení a prototyp kompletního nového vozidlového topení s novým hořákem a spalovací komorou na paliva z obnovitelných zdrojů.

Pokračuje vzájemná spolupráce mezi ČVUT a BRANO na úrovni konzultací k již provedeným měřením v rámci centra. Od 4/2017 BRANO provádí zkoušku životnosti prototypu nezávislého topení při spalování bioetanolu, po úspěšném absolvování se předpokládá zavedení prototypu do sériové výroby.



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

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



WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

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 -



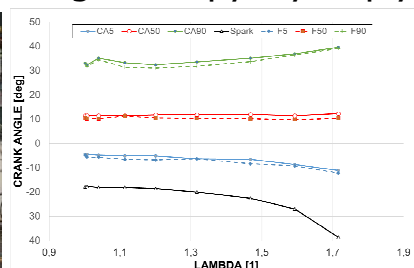
Výťah z prací 2012-2017 na WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

ČVUT + AICTA

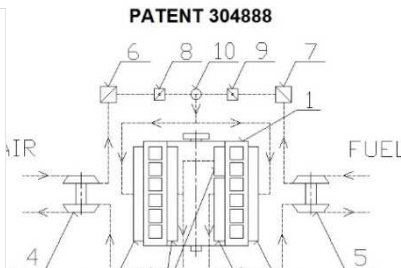
Motory na L-grade a pyrolyzní plyny a plyny s H_2 (experiment+simulace+směrnice+patent)



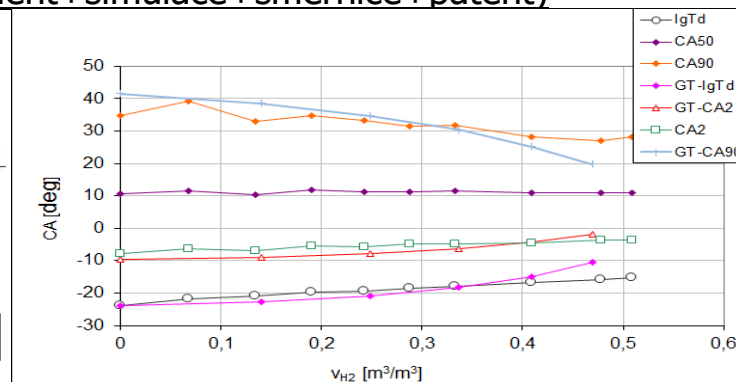
Testovací stanoviště ČVUT s funkčním vzorkem motoru



Fáze průběhu vývinu tepla v závislosti na součiniteli přebyteku vzduchu - porovnání pro experiment a modelové výsledky získané z výsledku projektu - software.
Palivem plynná směs $ZP/CO/CO_2/H_2$



Získány patenty č. 304888 a 305218



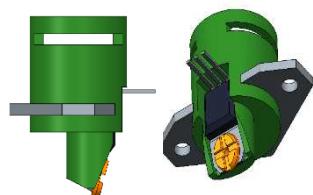
TUL Vstřikovače LPG & Duální motor (model + experiment)



Plynný vznětový (tzv. dvojpaliivový) motor – původní vozidlový vznětový přeplňovaný motor CUMMINS ISBE-150 (EURO 4 – 4BTA)



Měření na vstřikovači LPG - vizualizace vstřiku
Doba vstřiku 14 ms, $v_{fstr} = 2000$ 1/min
 $MLPG/1 = 24$ mg



Konstrukce a výroba koncové části vstřikovače kapalného LPG s elektrickým ohřevem výtokové trysky a minimální redukci průtokového průřezu v sacím potrubí motoru je vlastní (KVM TUL) a zajišťuje bezproblémové vnější tvoření směsi (model a foto).

ČVUT + BRANO Nezávislé vozidlové topení (experiment+patent+proto typ)

Získány patenty č. 305301 a 305302



Prototyp čerpadla paliva, nezávislého topení, hořáku a spalovací komory

TE 0102 0020

T A
Č R

Technologická agentura
České republiky

Str. 12



Za WP 03 Marcel Škarohlíd, ČVUT v Praze



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka

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



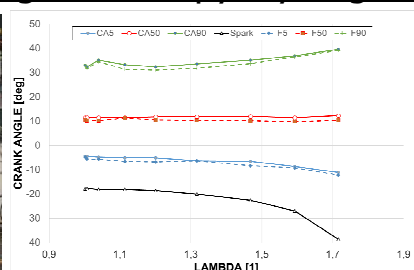
Results of WP03 Matching ICE to future alternative fuels and innovative systems to reduce pollution and emissions of GHG – Achieved 2012-2017

ČVUT + AICTA

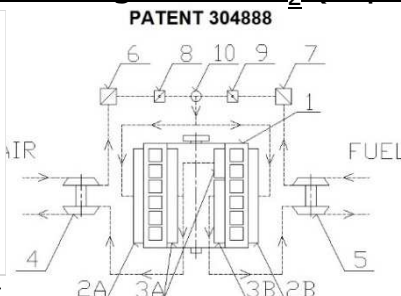
Engines on L-grade and pyrolysis gases and gas with H_2 (experiment+simulation+directive+patent)



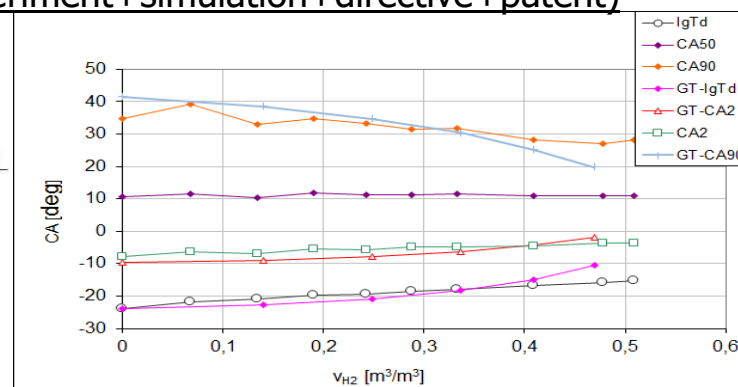
CTU test bed with functional sample of engine



Heat release phases depending on the air excess - experiment and model comparison.
Fuel gaseous mixture of NG/CO/CO₂/H₂



Patents no. 304888 and 305218



Comparison of dependence (model and experiment) of heat release phases on the proportion of hydrogen in the fuel

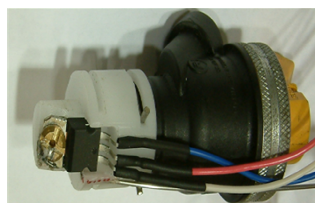
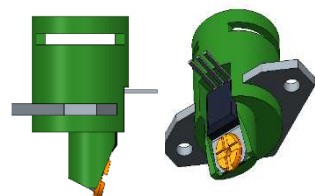
LPG injectors & Dual fuel engine (model + experiment)



LPG injector measurement - injection visualization
Injection duration 14 ms, fvstř = 2000 1/min,
MLPG/1 = 24 mg



Gas diesel(dual fuel) engine - vehicle turbocharged diesel engine CUMMINS ISBE-150 (EURO 4 - 4BTA)



The design and production of the LPG injector with the electric heating of nozzle outlet is a proprietary (KVM TUL) and ensures a seamless external formation of the mix (model and photo).

ČVUT + BRANO Independent vehicle heating (experiment+patent+proto type)

Patents no. 305301 and 305302



Prototype of fuel pump, independent heater, burner and combustion chamber

TE 0102 0020

**T A
Č R**

Technologická agentura
České republiky

Str. 13



Za WP 03 Marcel Škarohlíd, 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 -



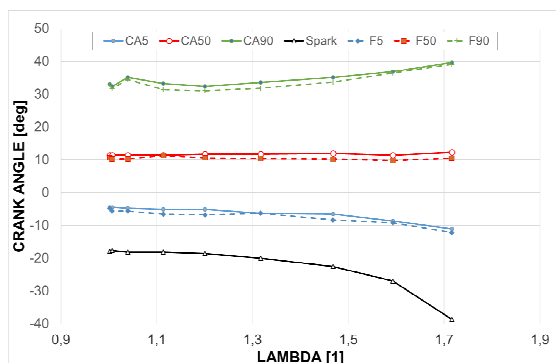
Výtah za r. 2017 z provedených prací na WP03 Přizpůsobení motorů alternativním palivům a inovativní systémy pro snížení znečištění a emisí GHG

ČVUT + AICTA

Motory na alternativní plyny
(měření+simulace+směrnice+patenty)



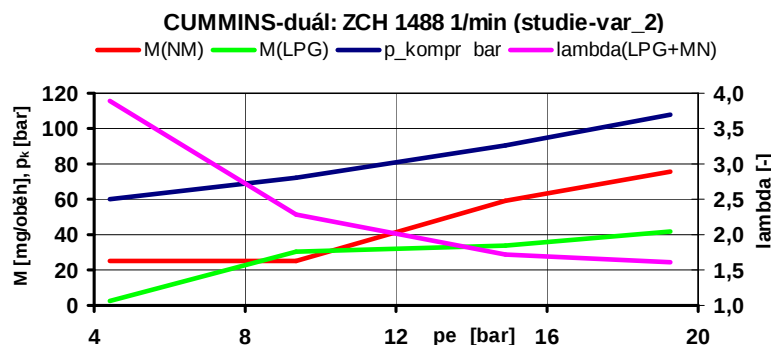
Testovací stanoviště s funkčním vzorkem motoru



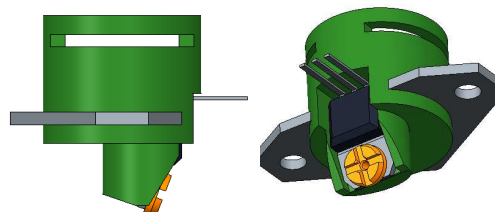
Fáze průběhu vývinu tepla v závislosti na součiniteli přebyteku vzduchu - porovnání pro experiment a modelové výsledky získané z výsledku projektu - software.
Palivem plynná směs ZP/CO/CO₂/H₂

TUL

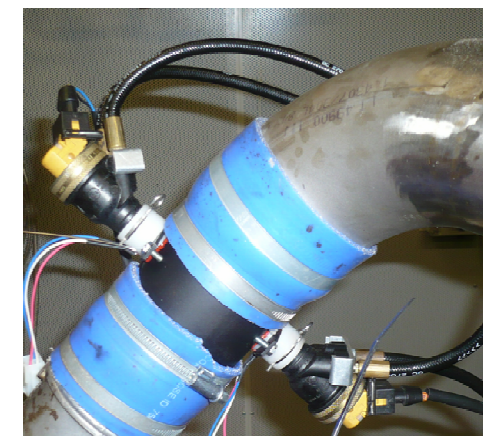
Vstřikovače LPG & Duální motor (model+experiment)



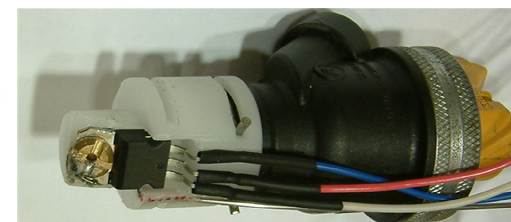
Výpočtový návrh pro seřízení dvojpalivového provozu. Přebytek vzduchu v čerstvé náplni válce je rozhodující pro chod dvojpalivového motoru bez klepání ve vysokém zatížení motoru.



Konstrukce a výroba koncové části vstřikovače kapalného LPG s elektrickým ohřevem výtokové trysky a minimální redukci průtokového průřezu v sacím potrubí motoru je vlastní (KVM TUL) a zajišťuje bezproblémové vnější tvoření směsi (model a foto).



Vstřikovače LPG jsou umístěny za chladičem plicního vzduchu, před plicním potrubím motoru. Přívod LPG do plicního vzduchu není synchronizován se sacím zdvihem, velikost dávky určuje frekvence a doba otevření EV vstřikovače LPG.





**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 WP03 Matching ICE to future alternative fuels and innovative systems to reduce pollution and emissions of GHG

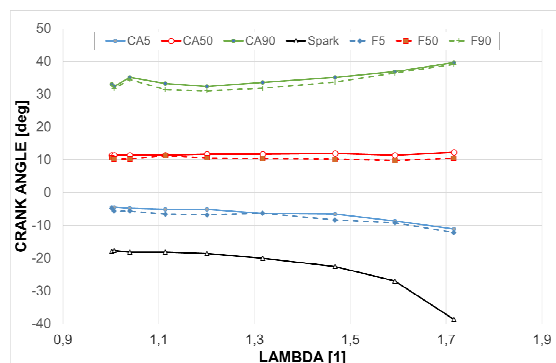
ČVUT + AICTA

Alternative fuel engines

(experiment+simulation+directive+patents)



Test bed with functional sample of engine

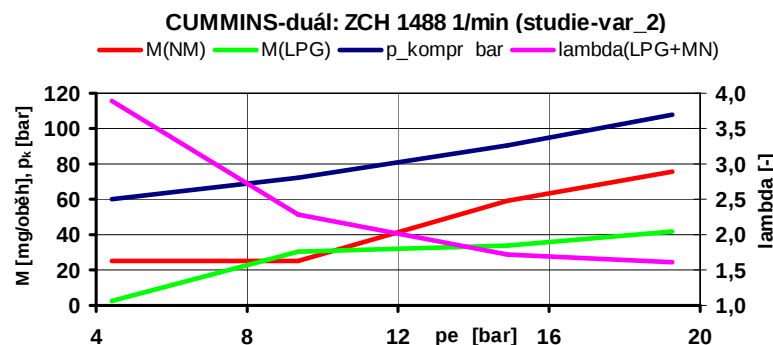


Heat release phases depending on the air excess - experiment and model comparison.

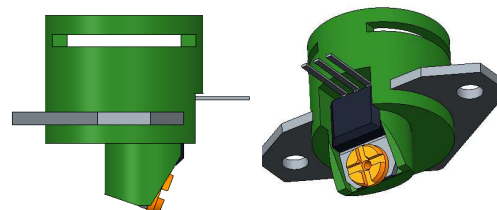
Fuel gaseous mixture of NG/CO/CO₂/H₂

TUL

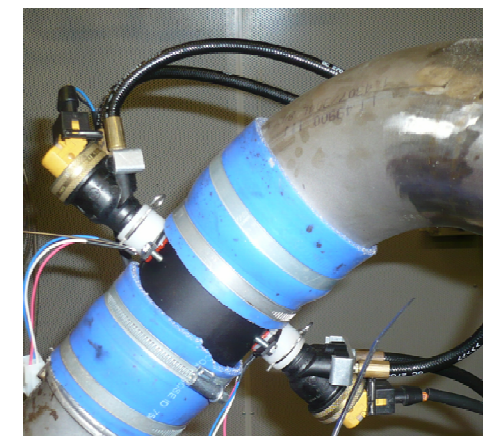
LPG injectors & Dual fuel engine (model+experiment)



Computational design for dual fuel setting. The excess air is critical for dual engine operation without knocking at high engine load.



The design and production of the LPG injector with the electric heating of nozzle outlet is a proprietary (KVM TUL) and ensures a seamless external formation of the mix (model and photo).



LPG Injectors are located between the intercooler and the intake manifold. The LPG supply is not synchronized with the suction stroke, the batch size is determined by the frequency and the opening time of the EV of the LPG injectors.

