



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**TURBODMYCHADLA KOMERČNÍCH
VOZIDEL**

TURBOCHARGERS FOR COMMERCIAL VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Renáta Valigurová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka: **Renáta Valigurová**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.**
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Turbodmychadla komerčních vozidel

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Přehledová studie turbodmychadel používaných pro přeplňování spalovacích motorů komerčních vozidel.

Cíle bakalářské práce:

Soustředit poznatky o dmychadlech aplikovaných pro přeplňování spalovacích motorů komerčních vozidel.

Přehledně popsat základní vlastnosti jednotlivých systémů, kriticky zhodnotit jejich přednosti a nedostatky.

Na základě soustředěných poznatků nastínit vlastní odhad dalšího vývoje v uvedené oblasti.

Seznam literatury:

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

SKOTSKY, Alexander A. Automotive Engines. Springer Verlag, 2009, ISBN 978-3-642-00163-5.

JAN, Zdeněk a ŽDÁNSKÝ, Bronislav. Automobily (3): Motory. Brno: Avid, spol. s r.o., 2009. ISBN 978-80-87143-15-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16.

V Brně, dne 18. 11. 2015



prof. ing. Václav Pišítek, DrSc.
ředitel Ústavu




doc. ing. Jaroslav Karáček, Ph.D.
děkan



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce soustřeďuje poznatky o dmychadlech aplikovaných pro přeplňování spalovacích motorů komerčních vozidel. Bakalářská práce je odbornou rešerší v první části se zabývající obecnou problematikou turbodmychadel a ve druhé části popisující poznatky o turbodmychadlech komerčních vozů a trendů v jejich vývoji.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přeplňování dieselového motoru, turbodmychadlo, WG, VNT, komerční vozy

ABSTRACT

This bachelor thesis describe knowledge about turbocharging of internal combustion engines for commercial vehicles. The first part of thesis describes general issues of turbocharging internal combustion engines. The second part describes the knowledge about turbochargers for diesel powered commercial vehicles and trends in their development.

KEYWORDS

Turbocharged diesel engine, turbocharger, WG, VNT, commercial vehicles



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VALIGUROVÁ, R. *Turbodmychadla komerčních vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 31 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Václava Píštěka, DrSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. května 2016

.....
Renáta Valigurová



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Václavu Píštěkovi, DrSc. za odbornou pomoc a cenné podněty, které mi byly poskytnuty při tvorbě této bakalářské práce. Dále také svým rodičům za trpělivou podporu při studiu.



OBSAH

Úvod.....	10
1 Základní poznatky o turbodmychadlech.....	11
1.1 Princip činnosti turbodmyhadla	11
1.2 Konstrukce turbodmyhadla	12
1.2.1 Ložisková skříň	12
1.2.2 Kompresorová skříň	13
1.2.3 Turbínová skříň	15
1.3 Regulace plnicího tlaku	15
1.3.1 VGT (variable geometry turbocharger).....	15
1.3.2 VNT (variable nozzle turbocharger).....	16
1.3.3 WG (wastegate)	17
1.3.4 Aktuátory	18
1.4 Dvoustupňové přeplňování	19
1.4.1 Dvoustupňové sériové přeplňování	19
1.4.2 Dvoustupňové paralelní přeplňování.....	20
2 Turbodmychadla komerčních vozů	21
2.1 Komerční vozy.....	21
2.2 Evropská produkce komerčních vozů a jejich turbodmychadel	21
2.3 MAN Truck and Bus.....	22
2.3.1 D20 a D26.....	22
2.3.2 D38	23
2.4 Scania.....	24
2.4.1 Motory Euro 4	24
2.4.2 Motory Euro 5	24
2.4.3 Motory Euro 6	24
2.5 Volvo Trucks	25
2.5.1 D5K	25
2.5.2 D8K	25
2.5.3 D11K	25
2.5.4 D13K	26
2.5.5 D16K	26
2.6 Porovnání WG s VNT.....	26
2.7 Odhad dalšího vývoje turbodmychadel komerčních vozů.....	26
Závěr.....	28
Použité informační zdroje.....	29



Seznam použitých zkratek a symbolů	31
--	----



ÚVOD

Pojem přeplňování spalovacích motorů vyjadřuje přivádění stlačeného vzduchu do spalovacího prostoru motoru. Přivedením většího množství vzduchu, v jehož důsledku se spaluje více paliva, se uvolňuje více energie. Zavedení přeplňování spalovacích motorů u automobilů mělo vést ke zvýšení výkonu a točivého momentu spalovacích motorů, dnes se však díky němu dosahuje i zvýšení účinnosti a snížení spotřeby paliva, což přispívá k efektivnějšímu dodržování emisních norem. Dalším požadavkem výrobců bylo snížení hmotnosti a zmenšení velikostí motorů, což díky turbodmyčadlům, která jsou poměrně malými zařízeními, je velmi znatelné.

První motor s turbínou poháněnou výfukovými plyny vyvinul Dr. Alfred Büchi v roce 1905. Pokusná výroba byla zahájena o několik let později ve Švýcarsku. Velkou výhodou turbodmyčadla poskytují ve vyšších nadmořských výškách, kde je nižší hustota vzduchu. Další vývoj turbodmyčadel pokračoval v oblasti letectví, kde byla turbodmyčadla důležitou součástí armádních strojů. V roce 1936 začala firma Garrett instalovat leteckým turbodmyčadlům vzduchové a olejové chlazení. V polovině 20. století začínají výrobci Scania, Volvo a Cummins experimentovat s turbodmyčadly u nákladních automobilů. K dalšímu průlomu dochází v roce 1978, kdy Mercedes představuje první turbodiesel pro osobní vozy. V současné době je přeplňování nejvíce rozšířeno u nákladních automobilů, traktorů, autobusů a osobních automobilů s naftovými motory s přímým vstřikem paliva. Největšími současnými výrobci turbodmyčadel jsou Honeywell Turbo Technologies (GARRETT), Cummins Turbo Technologies (HOLSET), IHI, Borgwarner Turbo Systems a Mitsubishi.



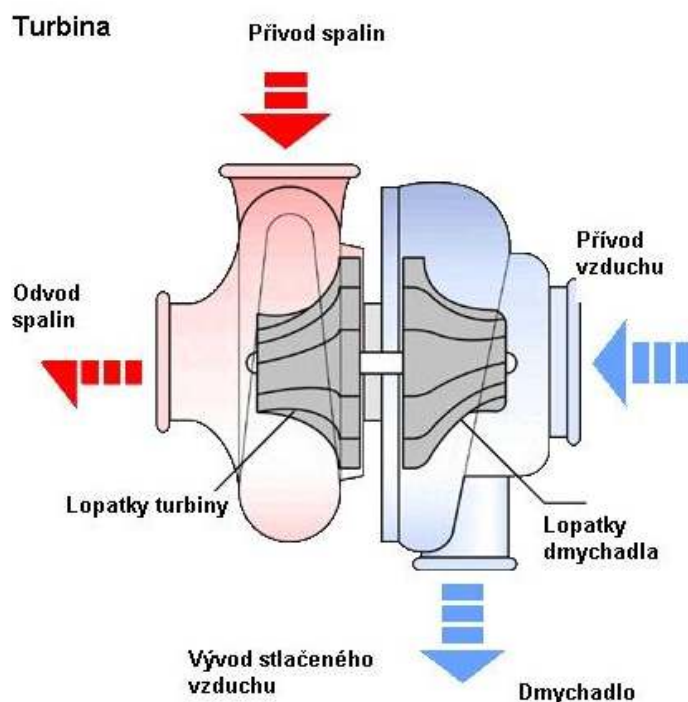
1 ZÁKLADNÍ POZNATKY O TURBODMYCHADLECH

Množství vzduchu a paliva přivedeného do spalovacího prostoru motoru ovlivňuje výkon spalovacího motoru. Díky přeplňování lze tento výkon zvýšit, nebo zmenšit rozměry motoru při zachování stejného výkonu [1].

1.1 PRINCIP ČINNOSTI TURBODMYCHADLA

Turbodmychadla jsou poháněna výfukovými plyny motoru, které vstupují do turbínové skříně kolmo k ose turbínového kola a dále pokračují přes turbínu ven směrem axiálním. Turbínové kolo roztáčí hřídel, která pohání kompresorové kolo. V kompresorové části se stlačuje vzduch, který dále proudí přes chladič do spalovací části motoru. V chladiči se vzduch, který je stlačený a tím ohřátý až na 130°C, ochlazuje na teplotu okolo 90°C, což vede k dalšímu zvýšení jeho hustoty. Chladiče se obvykle používají vzduchové, mohou se však použít i kapalinové. Kapalinové chladiče na rozdíl od vzduchových chladí vzduch na výstupu turbodmychadla pomocí kapaliny. Tyto chladiče mají vlastní oddělený oběh a čerpadlo. Účinnost turbodmychadel dosahuje hodnoty až 80 %. [1]

U automobilů se plnicí tlak turbodmychadla pohybuje nejvýše okolo 120 kPa a je dodáván od 1800 min⁻¹ u naftových motorů a 2 500 min⁻¹ u benzínových motorů. Při těchto otáčkách dochází k dostatečnému množství energii pro roztočení turbíny na potřebné otáčky. Otáčky turbodmychadel se pohybují okolo 10 000 min⁻¹ maximální otáčky dosahují až 220 000 min⁻¹. Plnicí tlak je potřeba regulovat, aby nedocházelo k jeho nežádoucímu zvýšení v případě vyššího zatížení a otáček. Toho je možno dosáhnout několika způsoby, viz 1.3. [17]



Obr. 1.1 Schéma proudění vzduchu a výfukových plynů turbodmychadlem [3]

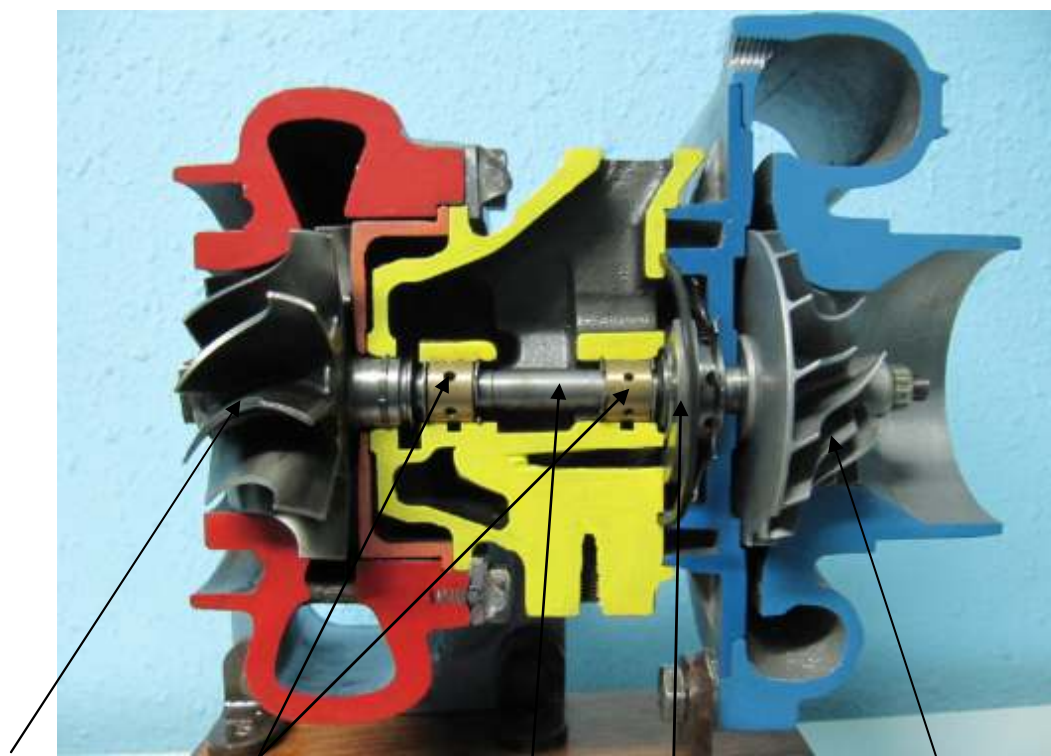


Přepřívání motorů se podle velikosti točivého momentu rozděluje na tři skupiny [1]:

- Přepřívání nízkotlaké s plnicím přetlakem 20 kPa až 50 kPa
- Přepřívání středotlaké s plnicím přetlakem 50 kPa až 100 kPa
- Přepřívání vysokotlaké s plnicím přetlakem vyšším než 100 kPa

1.2 KONSTRUKCE TURBODMYCHADLA

Turbodmychadla se skládají ze tří základních částí: turbínové, ložiskové a kompresorové. Z důvodu vysokých teplot v turbínové části je turbínové kolo vyrobeno z žárupevné slitiny. Kompresorové kolo dmychadla bývá zpravidla vyrobeno z hliníkové slitiny stejně jako kompresorová skříň. Skříň turbínová a ložisková je vyrobena z šedé temperované litiny. Na obrázku 1.2 je červeně označena turbínová skříň, žlutě ložisková skříň a modře kompresorová skříň.



Turbínové kolo Radiální ložiska Hřídel Axiální ložisko Kompresorové kolo

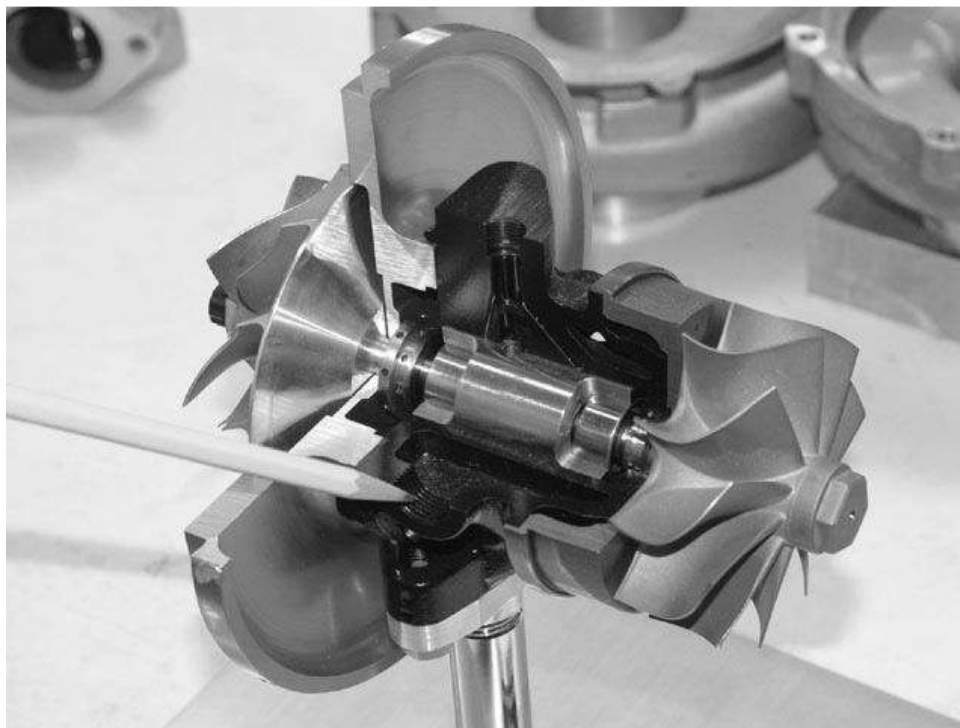
Obr. 1.2 Řez turbodmychadlem [4]

1.2.1 LOŽISKOVÁ SKŘÍŇ

Ložisková část turbodmychadla obsahuje rotační části jako hřídel a ložiska (rotor). Zajišťuje rozvod chlazení a mazání rotačních částí. Uvnitř ložiskové skříňe je hřídel uložena v radiálních ložiscích. Ložiska se používají jak kluzná tak valivá, záleží na požadovaných



otáčkách. Obě dvě lopatková kola jsou uložena na této hřídeli. Turbínové kolo je většinou s hřídelí spojeno pomocí svaru.



Obr. 1.3 Ložisková skříň s kompresorovým a turbínovým kolem [5]

Další součástí turbodmychadla je axiální ložisko, které obsahuje olejové kanálky. Při vysokých nájezdech může docházet k jeho opotřebení, jako následek netěsnosti opotřebovaných pístních kroužků, které se opotřebovávají nejdříve. Celá soustava je uložena v ložiskové skříni, která přivádí olej k ložiskům a odvádí jej ven. Mohou v ní být také kanály umožňující chlazení vodou. Je potřeba, aby ložisková skříň byla dobře utěsněna proti vniku nečistot a plynů a proti úniku oleje. Těsnění zajišťují těsnicí kroužky uložené z obou dvou stran hřídele za ložisky. [21]

1.2.2 KOMPRESOROVÁ SKŘÍŇ

K ložiskové skříni je připojena turbínová a kompresorová skříň. Uvnitř kompresorové skříně se nachází kompresorové kolo, které stlačuje vzduch. Kompresorová skříň funguje jako difuzor, kde se vzduch o vysoké rychlosti mění na stlačený vzduch o statickém tlaku, a ten se dále odvádí k motoru. Pro správnou funkci je důležité vyvážení kompresorového kola, které se vyvažuje ve dvou rovinách. [21]



Obr. 1.4 Kompresorové kolo [7]



Obr.1.5 Kompresorová skříň s kompresorovým kolem uvnitř [8]



1.2.3 TURBÍNOVÁ SKŘÍŇ

Turbínová skříň je připojena k ložiskové skříně. Mezi tyto dvě skříně je vložena tepelně izolační vložka, která omezuje přestup tepla z turbíny. Pracovní teploty turbínových skříní se pohybují nad 500° C, běžné jsou i teploty okolo 700° C např. u plynových motorů. Turbínová skříň je náchylná k tvorbě trhlin v důsledku tepelného namáhání. Uvnitř turbínové skříně je uloženo turbínové kolo. Nejčastějším rizikem poškození turbínového kola bývá vniknutí cizího předmětu do turbínové skříně. Turbínová skříň je odlévaná, dokončovací operace se provádí na obráběcích centrech. [21]



Obr. 1.6 Turbínová skříň [8]

1.3 REGULACE PLNICÍHO TLAKU

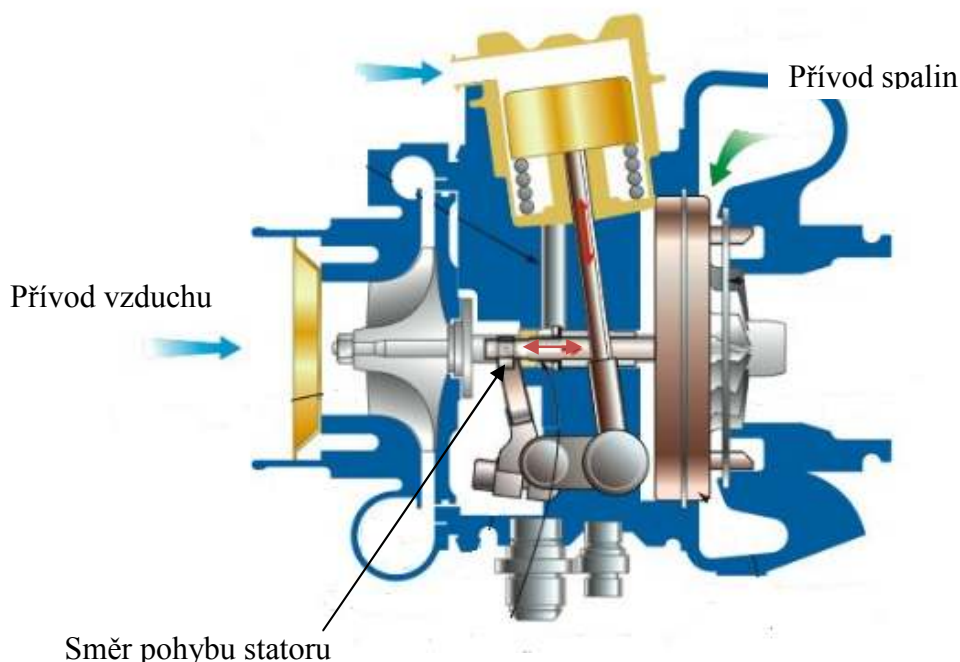
Turbodmychadla jsou dimenzována tak, aby byla efektivně využívána již při nižších a středních otáčkách motoru. Regulace plnicího tlaku je podstatná hlavně u vyšších otáček motoru, kdy dochází k vyšším rychlostem proudění výfukových plynů. Regulace plnicího tlaku je možná několika způsoby. [1]

1.3.1 VGT (VARIABLE GEOMETRY TURBOCHARGER)

VGT je anglická zkratka pro turbodmychadla s variabilní geometrií statoru turbíny. Změnou šířky statoru turbíny se vstupní rychlost do oběžného kola mění. Turbinou protéká celý objemový tok plynů. Ve statoru turbíny dochází ke změně absolutní rychlosti plynů, nikoliv



ke změně jejich objemu. Účinnost tohoto způsobu přeplňování je vysoká, avšak nároky na konstrukci rozváděcího kola také [18].

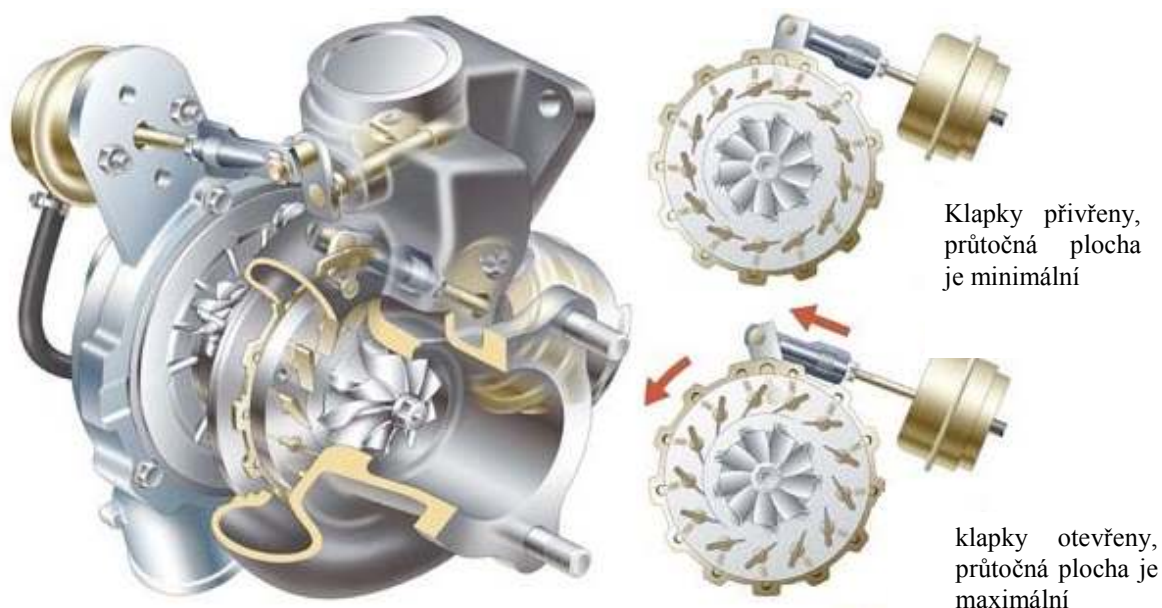


Obr. 1.7 VGT Turbodmychadlo [18]

1.3.2 VNT (VARIABLE NOZZLE TURBOCHARGER)

VNT (turbodmychadlo s proměnnou geometrií klapky turbíny) reguluje plnicí tlak v celém rozsahu pracovních otáček motoru. Okolo turbínového kola je rozmístěno 10 až 15 naklápěcích lopatek. Pozice lopatek je řízena pomocí aktuátoru. Při otevření škrticí klapky jsou klapky na turbíně plně otevřeny, výfukové plyny proudí na turbínové kolo a otáčky motoru spolu s výkonem rostou. [2]

Čím více se lopatky naklápějí, tím více se zmenšuje průřez, kterým dovnitř proudí plyny. Zúženým místem proudí výfukové plyny rychleji, což zvyšuje rychlost otáčení turbínového kola [1].



Obr. 1.8 VNT Turbodmychadlo [19]

1.3.3 WG (WASTEGATE)

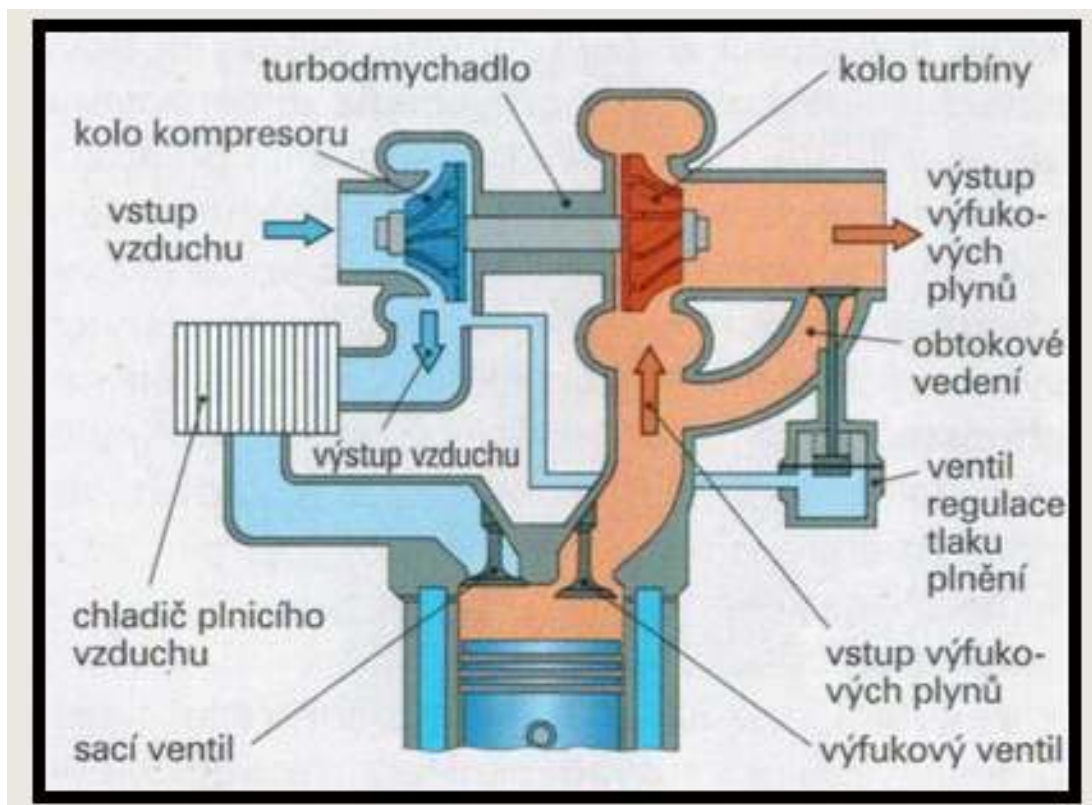
Při regulaci WG (waste gate), neboli regulaci pomocí obtokového regulačního ventilu, dochází k odpouštění výfukových plynů ještě před turbínou. Je to nejjednodušší princip regulace plnicího tlaku. Princip spočívá v přidání obtokového kanálu s klapkou řízenou pomocí aktuátoru, který může být pneumatický nebo elektrický. Tento způsob regulace je konstrukčně jednoduchý, avšak je požadováno dodávání většího množství vzduchu již při nižších otáčkách motoru. Pomocí aktuátoru dochází k regulaci plnicího tlaku ihned po překročení požadované hodnoty tlaku v plnicím potrubí. [1]



Obr. 1.9 Turbínová skříň s WG kanálem a klapkou [9]



Aktuátor pomocí membrány s pružinou přenáší tlakové zatížení táhlem na klapku, která se přivírá. Při uzavření klapky proudí spaliny z motoru přímo na turbínové kolo. V případě otevření proudí na turbínové kolo i obtokovým kanálem do výfukového potrubí. [2]



Obr. 1.10 Schéma funkce turbodmyhadla s WG [17]

1.3.4 AKTUÁTORY

Aktuátor je regulační prvek implementovaný na WG nebo VNT. Pracuje na principu vzduchové regulace z vlastního okruhu turbodmyhadla. Aktuátory jsou řízeny podtlakem, nebo i přetlakem vzduchu. [24]

Aktuátory mohou být elektrické i pneumatické. Pneumatické aktuátory jsou složeny z membrány a pístu spojeného s ventilem na kterém je umístěna pružina. Přes membránu působí na píst tlaková síla, která za nízkého tlaku nepřekoná odpor pružiny. V tomto případě zůstává ventil uzavřený. Při tlaku určité hodnoty síla působící na píst je vyšší než odpor pružiny a ventil se otevírá. [24]



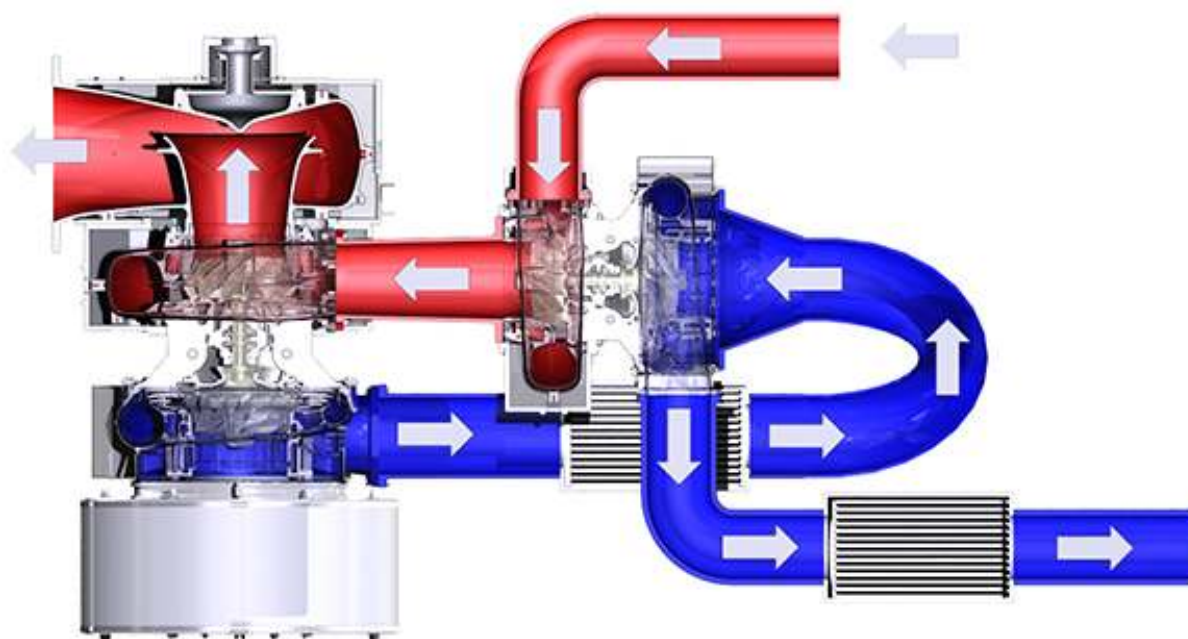
1.4 DVOUSTUPŇOVÉ PŘEPLŇOVÁNÍ

U motorů nákladních automobilů se také využívá přeplňování pomocí dvou turbodmychadel zapojených sériově nebo paralelně. Tato zapojení vedou k lepšímu přechodnému výkonu, točivému momentu, optimalizují spotřebu a prodlužují životnost turbodmychadel. Tento způsob přeplňování je možno využívat napříč širokým spektrem aplikací, od malých motorů pro stavební stroje, až po těžké nákladní automobily. [14]

1.4.1 DVOUSTUPŇOVÉ SÉRIOVÉ PŘEPLŇOVÁNÍ

Dvoustupňové sériové přeplňování se skládá z jednoho většího nízkotlakého turbodmychadla a z druhého menšího vysokotlakého turbodmychadla. Menší turbodmychadlo je řízeno pomocí obtokového ventilu. Tato konfigurace eliminuje turboefekt.

Vzduch je nasáván do prvního stupně kompresoru, kde se jeho tlak zdvojnásobí oproti atmosferickému tlaku. Vzduch dále pokračuje do druhého stupně kompresoru, kde se znovu hustota tlaku zdvojnásobí (tlak se může zvýšit až 2,5 krát, jak na prvním, tak druhém stupni). Vzduch putuje do chladicího zařízení. Jeho výsledná teplota v sacím potrubí je asi o 20°C vyšší než teplota okolí a tlak vzduchu je 4 až 5 krát větší než atmosférický tlak. [14]



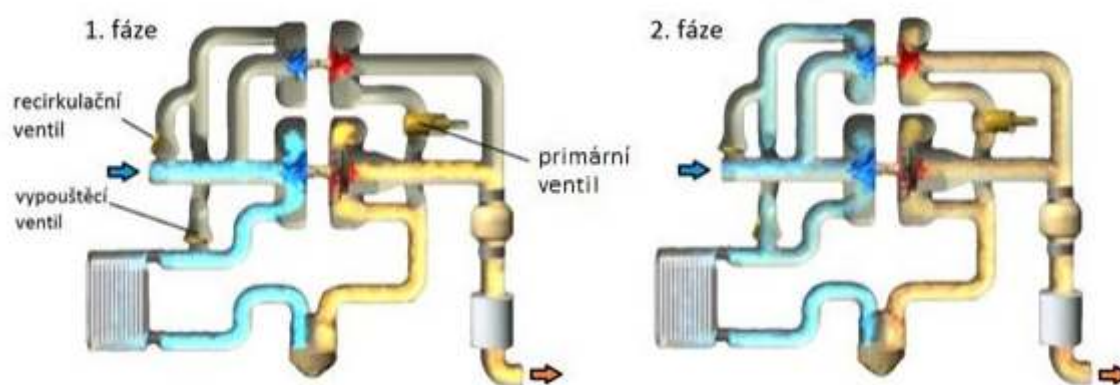
Obr. 1.10 Princip dvoustupňového přeplňování (MAN) [15]



1.4.2 DVOUSTUPŇOVÉ PARALELNÍ PŘEPLŇOVÁNÍ

Paralelní zapojení turbodmychadel se používá pro šesti a více válcové motory. Dvě turbodmychadla pracují na sobě nezávisle, každé z nich je zapojeno na výfukové potrubí vedoucí z poloviny válců.

Před dosažením požadovaných otáček pracuje pouze první turbodmychadlo. Při dosažení požadovaných otáček se částečně otevře primární ventil a začne pracovat i druhé turbodmychadlo, zároveň se otevře i vypouštěcí ventil v sacím potrubí a zavře recirkulační ventil. Při dalším nárůstu otáček se primární ventil zcela otevře a obě turbodmychadla pracují souběžně (viz obr. 1.11). [14]



Obr. 1.11 Fáze paralelního dvoustupňového přeplňování [23]



2 TURBODMYCHADLA KOMERČNÍCH VOZŮ

Turbodmychadla komerčních vozů, viz 2.1, jsou rozměrem GT17 a větší. Tyto turbodmychadla, instalována převážně k dieselovým motorům, mohou být různé konstrukce a velikosti.

2.1 KOMERČNÍ VOZY

Za komerční vůz můžeme považovat jakýkoliv motorový vůz používaný pro přepravu zboží nebo osob za účelem zisku. Tento pojem lze definovat dle Evropské unie takto: jakékoliv motorové silniční vozidlo, jež svou konstrukcí a výbavou je určeno pro přepravu za úplatu, či nikoliv ve vyjimečném případě stanoveném EU [10].

Komerční vozy lze rozdělit:

- nákladní automobily -do 3,5t (od 1,5t)
-nad 3,5t
- autobusy
- speciální automobily

Z důvodu rozsáhlosti tématu nad rámec této bakalářské práce, se bude tato práce dále zabývat pouze dieselovými nákladními automobily s turbodmychadly firmy Honeywell, jakožto jednou z podskupin komerčních vozů.

2.2 EVROPSKÁ PRODUKCE KOMERČNÍCH VOZŮ A JEJICH TURBODMYCHADEL

V současné době mezi největší evropské výrobce komerčních vozů patří vozy značek Volvo, Scania, MAN, Daf, Paccar inc. a Mercedes. V české republice to jsou výrobci vozů značky Avia a Tatra s roční výrobou okolo 1500 kusů. Kromě turbodmychadel vyráběných přímo v automobilkách jsou do nákladních automobilů montována také turbodmychadla jiných výrobců. Mezi největší výrobce turbodmychadel patří Honeywell Turbo Technologies a Cummins Turbo Technologies.

Turbodmychadla firmy Honeywell jsou označována zkratkou GT – Garrett turbo. Rorměry těchto turbodmychadel popisuje tabulka 2.1.



Tab. 2.1 Velikost turbínových kol GT series [21]

Typové označení	ø D ₂ [mm]	Typové označení	ø D ₂ [mm]
GT12	35,5	GT45	87,0
GT15	41,0 nebo 42,0	GT47	92,7
GT17	44,0	GT50	99,1
GT20	47,0	GT52	105,9
GT22	50,0	GT55	111,4
GT25	54,0	GT57	121,2
GT32	60,0	GT60	129,5
GT35	64,0	GT62	137,6
GT37	68,0	GT65	146,2
GT40	72,5	GT67	155,4
GT42	82,0	GT70	165,1

2.3 MAN TRUCK AND BUS

Společnost MAN Truck and Bus je dceřinou společností MAN SE corporation a je jedním z největších výrobců nákladních vozů, jak v EU, tak ve světě. Hlavní sídlo společnosti se nachází v Německém Mnichově. Hlavní součástí výroby jsou nákladní automobily v rozmezí od 7,49 t do 44 t celkové hmotnosti a městské a meziměstské autobusy. [11]

2.3.1 D20 A D26

Šestiválcové motory Common-Rail Euro 6 jsou motory s výkonem 360 k (265 kW) až 480 k (353 kW). Součástí těchto motorů jsou WG turbodmychadla řízena pneumatickými aktuátory. Řídící tlaky se pohybují okolo 120 kPa. Na motoru jsou umístěna dvě turbodmychadla v sériovém zapojení. [12]

D20 jsou dieselové motory s objemem 10,5 l Euro 5 a Euro 6, a s výkonem 294 kW obsahující dvě WG turbodmychadla. Velikost turbodmychadel u Euro 5 je GT32/GT45 a Euro 6 GT32/GT40. [25]

D26 jsou Dieselové motory s objemem 12,4 l Euro 5 a Euro 6, a s výkonem 371 kW obsahující WG turbodmychadlo a turbodmychadlo bez regulace (free float). Velikost turbodmychadel u Euro 5 je GT32/GT45 a Euro 6 GT32/GT40. [25]



Obr. 2.1 Turbodmychadlo Garrett GT40 [22]

2.3.2 D38

Nový šestiválcový motor D38 s výkonem 520 k (382 kW) až 640 k (471 kW) Euro 6, jehož součástí jsou dvě WG turbodmychadla GT37/GT47. Tento motor je nejvýkonnější motor nabízený společností MAN pro silniční nákladní vozidla. Může se pochlubit technologií turbo – EVB, kde jsou brzdové klapky umístěny přímo v turbíně vysokotlakého turbodmychadla. [25]



Obr. 2.2 Motor MAN D38 [13]



2.4 SCANIA

Společnost Scania vznikla ve Švédsku jako „Továrna na stroje ve Skåne“. Od roku 1900 se postupně rozrůstala až do dnešní podoby. Scania je výrobcem a dodavatelem těžkých nákladních vozidel, autokarů, autobusů a průmyslových a lodních motorů. V současné době je hlavním vlastníkem Scanie firma Volkswagen. [20]

2.4.1 MOTORY EURO 4

Dieselový pětiválcový motor DL5 s objemem 9 l a s výkonem 250 kW obsahuje WG turbodmychadlo velikosti GT40 [25].

Dieselový šestiválcový motor DL6 s objemem 12 l a s výkonem 368 kW obsahuje WG turbodmychadlo velikosti GT42 [25].

2.4.2 MOTORY EURO 5

Dieselový pětiválcový motor D9 s objemem 9,4 l a s výkonem 283 kW, obsahuje VNT turbodmychadlo velikosti GT40 [25].

Dieselový šestiválcový motor DC12 s objemem 12 l a s výkonem 320 k (235 kW) až 420 k (309 kW) obsahuje VNT turbodmychadlo velikosti GT45 [25].

Dieselový motor D16 s objemem 16 l obsahuje WG turbodmychadlo velikosti GT47 [25].

2.4.3 MOTORY EURO 6

Dieselový šestiválcový motor DL6 s objemem 13 l a s výkonem 370 k (272 kW), obsahuje WG turbodmychadlo velikosti GT45 [25].

Dieselový motor V8 s objemem 16 l obsahuje WG turbodmychadlo velikosti GT47 [25].



Obr. 2.3 Motor Scania 16 l V8 Euro 6 [20]

2.5 VOLVO TRUCKS

Společnost Volvo byla založena v roce 1927, v současné době patří mezi největší světové výrobce nákladních vozů, vznětových motorů a přepravních systémů pro městskou dopravu. Součástí Volvo jsou i tyto obchodní jednotky: Volvo Trucks, Mack, Renault Truck, Volvo Buses a další. [16]

2.5.1 D5K

Motor D5K je čtyřválcový dieselový motor o objemu 4,7 l a výkonu 180 kW, jehož součástí je VNT turbodmychadlo velikosti GT22 [25].

2.5.2 D8K

Motor D8K je šestiválcový dieselový motor o objemu 7,7 l a výkonu 210 kW až 260 kW, jehož součástí je VNT turbodmychadlo velikosti GT35 [25].

2.5.3 D11K

Motor D11K je šestiválcový dieselový motor o objemu 10,8 l a výkonu 338 kW, jehož součástí je WG turbodmychadlo velikosti GT40 [25].



2.5.4 D13K

Motor D13K je šestiválcový diesellový motor o objemu 12,8 l a výkonu 320 kW, jehož součástí je WG turbodmychadlo o velikosti GT45 [25].

2.5.5 D16K

Motor D16K je šestiválcový diesellový motor o objemu 16,1 l a výkonu 485 kW, jehož součástí je WG turbodmychadlo velikosti GT45 [25].



Obr. 2.4 Motor Volvo [16]

2.6 POROVNÁNÍ WG S VNT

VNT je srovnatelné s twostage v oblasti přeplňování při nízkých otáčkách motoru. VNT lze také použít k brzdění motorem, v tomto případě odpadá nutnost použití brzdné výfukové klapky. Také je možno snížením průtoku plynů u VNT dosáhnout vyššího protitlaku motoru, a z toho plynou vyšší teploty výfukových plynů, což vede k rychlejšímu ohřátí součástí ovlivňujících emise, jako jsou katalizátory a scr systém, což je žádoucí. Twostage oproti jednomu WG turbodmychadlu umožňuje ideální dodávku množství vzduchu do motoru v širším spektru otáček, a tím výrazně potlačuje vznik tzv. turboefektu.

2.7 ODHAD DALŠÍHO VÝVOJE TURBODMYCHADEL KOMERČNÍCH VOZŮ

Technologie přeplňování motorů pomocí turbodmychadel je v současné době rychle se rozvíjející odvětví. Největší výrobci neustále zdokonalují své produkty, které by časem mohli sloužit i k jiným účelům než jen zvětšovat objem dodávaného vzduchu do válce motoru. Jedním z těchto směrů je i vývoj turbodmychadla jakožto zdroje elektrické energie.



V současné době již existují firmy, které se zapojují do vývoje takto fungujících turbodmychadel.

Dalším zcela jistým záměrem výrobců je snaha zvyšovat výkony motorů, což díky modernějším komponentům turbodmychadel je reálně dosažitelné. Kromě modernizace komponent dochází ke zdokonalování v oblasti použitých materiálů, jejichž limity se neustále překonávají. Zvyšování výkonu motoru se bude i dále realizovat pomocí více stupňového přeplňování, jelikož tato metoda skrývá velký potenciál.

A v neposlední řadě se jistě budoucnost přeplňování bude zabývat ekologií. Redukce emisí je celosvětový trend. V této oblasti půjde vývoj směrem aerodynamických vylepšení, a snižováním odporových sil působících na komponenty turbodmychadel.



ZÁVĚR

Tato závěrečná práce popisuje turbodmychadla komerčních vozů. V první části závěrečné práce jsem se zaměřila na popis turbodmychadel. Jejich princip fungování, popis jednotlivých dílů a systémů, kde jsou popisovány způsoby řízení jednotlivých turbodmychadel.

Druhá část bakalářské práce navazuje na první popisem komerčních vozů a systémů přeplňování u nich používaných. Jsou zde popisováni největší výrobci komerčních vozů EU a jejich motory s turbodmychadly. Také zde jsou uvedeny aplikace s turbodmychadly firmy Honeywell Turbo Technologies, jejichž patentem je VNT systém turbodmychadel. Systém řízení turbodmychadel VGT je naopak patentován konkurenční firmou Cummins Turbo technologies.

Součástí druhé části závěrečné práce je také porovnání mezi WG a VNT systémem turbodmychadel, kde je porovnána vhodnost využití a odhad dalšího vývoje turbodmychadel v oblasti komerčních vozů. Tato část strojího průmyslu, jakožto součást celkového vývoje automobilů, je rychle se rozvíjející oblastí. Kromě vývoje nových technologií je zde i vývoj užívaných materiálů a způsobů výroby.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B. *Automobily 3, Motory*. 7. Vydání, 179 stran: barevné ilustrace. ISBN 978-80-87143-21-6.
- [2] CROUSE, W., ANGLIN, D. *Automotive engines*. 8th ed., New York: McGraw-Hill Book Company, 1994. 426 s. ISBN 0-07-113884-6.
- [3] Podstata činnosti. [Http://www.turbodmychadla.wbs.cz/](http://www.turbodmychadla.wbs.cz/) [online]. 2016 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.turbodmychadla.wbs.cz/Podstata-cinnosti.html>
- [4] *TURBODMYCHADLO (TURBO) GARRET, KKK, HOLSET, SCHWITZER* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.mjauto.cz/Turbodmychadla.htm> >
- [5] Dostupné z WWW: <http://www.hanacekauto.cz/Opravy-TURBODMYCHADEL-a3_4.htm>
- [6] Dostupné z WWW: < <http://www.superchevy.com/how-to/engines-drivetrain/sucp-0111-turbonetics-turbo/>>
- [7] Car Engine Basics. *Engine Basics* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.enginebasics.com>>
- [8] Dostupné z WWW: <<http://www.atpturbo.com>>
- [9] Dostupné z WWW: <<http://www.sonicperformance.com.au>>
- [10] Commercial vehicle. *Wikipedia* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/Commercial_vehicle#cite_note-1>
- [11] MAN Truck & Bus. *Wikipedia* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/MAN_Truck_%26_Bus>
- [12] Dostupné z WWW: <<http://www.truck.man.eu/cz/cz/dalkova-preprava>>
- [13] MAN launches heavy-duty truck diesel engine. *SAE international* [online]. 2014 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: < <http://articles.sae.org/13571>>
- [14] *Transportation systems* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: <<https://turbo.honeywell.com/our-technologies>>
- [15] *2-Staging Turbocharging* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: <<http://turbocharger.man.eu/technologies/2-stage-turbocharging>>
- [16] Dostupné z WWW: <<http://www.volvotrucks.com/trucks/czech-market>>
- [17] Princip turbodmychadla. *Flexami auto* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.flexamiauto.cz/teorie>>
- [18] RŮSEK, L. *Plnicí turbodmychadlo*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství, 2009. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.,86s



- [19] *Variable Nozzle Turbine (VNT) or Variable Geometry Turbo (VGT)* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.fastmotoring.com/index.php/2010/10/variable-nozzle-%20turbine-vnt-or-variable-geometry-turbo-vgt>
- [20] Dostupné z WWW: <<http://www.scania.cz>>
- [21] HOLÍK, P. *Turbodmychadla spalovacích motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 29 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Škorpík, Ph.D.
- [22] Dostupné z WWW: <<http://www.bimmerforums.com/forum>>
- [23] MELICHAR, M. *Kombinované přeplňování spalovacích motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 32 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
- [24] STANĚK, L. *Regulace turbodmychadel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 68 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vančura
- [25] interní podklady poskytnuté firmou Honeywell



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

WG	waste gate (regulace turbodmyhadla pomocí obtokového regulačního ventilu)
VNT	variable nozzle turbocharger (regulace turbodmyhadla pomocí proměnné geometrie klapky turbíny)
VGT	variable geometry turbocharger (regulace turbodmyhadla pomocí variabilní geometrie statoru turbíny)