

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

David Vávra

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Konstrukce spalovacích motorů v lokomotivách a motorových vozech ČD

David Vávra

Bakalářská práce

2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Vávra**
Osobní číslo: **D110050**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Kolejová vozidla**
Název tématu: **Konstrukce spalovacích motorů v lokomotivách a motorových vozech ČD**
Zadávající 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 :

Provést rešerši v oblasti konstrukce spalovacích motorů použitých u hnacích kolejových vozidel. Vypracovat:

1. Konstrukční provedení a parametry motorů ČKD.
2. Konstrukční provedení a parametry motorů TEDOM, LIAZ.
3. Konstrukční provedení a parametry motorů CATERPILLAR.
4. Konstrukční provedení a parametry motorů ostatních vybraných výrobců.
5. Porovnání vybraných technických parametrů drážních motorů.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího BP

Rozsah pracovní zprávy: 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

[1] Sellner, K.: Motorové lokomotivy 1. Nakladatelství dopravy a turistiky s.r.o., Praha: 1993, ISBN 80-901573-2-7.

[2] DKV Ústí nad Labem: LOKOMOTIVA 750.

[3] Bittner, J.: Motorové vozy řad 850 až 854. Nakladatelství Gradis Bohemia, s.r.o, Praha: 1999, ISBN 80-902791-0-4.

[4] Technický sborník č.17 VÚ ČKD 1973.

[5] Technický sborník č.40 VÚ ČKD 1978.

[6] Firemní literatura Caterpillar.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2013



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesář, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2013

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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.

V Pardubicích dne 28. 5. 2013

David Vávra

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Michaeli Latovi, Ph.D. za pomoc, inspiraci, cenné rady a ochotnou spolupráci, kterou mi při zpracování bakalářské práce poskytl.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Štěpánkovi z firmy CZ LOKO, a.s. za poskytnutí cenných rad a informací, které jsem využil při zpracování bakalářské práce. A v neposlední řadě bych rád poděkoval mé rodině, za podporu při studiu.

ANOTACE

Spalovací motory jsou důležitou součástí kolejových vozidel. Jejich výrobou se v současné době zabývá několik firem na světě. Existuje celá řada typů spalovacích motorů s různými technickými parametry. Proto je možné vybrat motor lokomotivě nebo motorovému vozu podle jeho využití. Práce má za cíl tyto parametry shromáždit a následně porovnat, čímž přispěje k ucelené představě o spalovacích motorech v lokomotivách a motorových vozech ČD.

Klíčová slova

Spalovací motor, lokomotiva a motorový vůz ČD, ČKD, LIAZ, TEDOM, CATERPILLAR, MTU, MAN, IVECO, ABC.

ANOTATION

Internal combustion engines are an important part of the rolling stock. Their production is currently engaged in several companies in the world. There are many types of internal combustion engines with different technical parameters. Therefore, it is possible to select the locomotive engine or motor vehicle by its use. The work aids to collect these parameters and then compare them, which contributing to the holistic vision of internal combustion engines locomotives and motor cars of Czech Railways.

Key words

Internal combustion engine, locomotive, motor car, Czech Railways, ČKD, LIAZ, TEDOM, CATERPILLAR, MTU, MAN, IVECO, ABC.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VÁVRA, David. *Konstrukce spalovacích motorů v lokomotivách a motorových vozech ČD*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, 2013, 91 s., příloh 5. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michael Lata, PhD.

OBSAH

Seznam použitých symbolů a zkratek	9
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	14
Seznam grafů	16
ÚVOD.....	17
1 SPALOVACÍ MOTORY	20
1.1 Dělení spalovacích motorů	21
1.2 Cykly a průběhové charakteristiky spalovacích motorů	23
1.3 Přenosy výkonu	27
2 EMISNÍ PŘEDPISY EURO I – V	31
2.1 Emisní limity pro lokomotivy	31
2.2 Další zpřísnění – EU Stage IIIB	33
2.3 Normy pohonných hmot	35
2.4 Limity emisí ve výfukových plynech	36
2.5 Obsah emisí	37
2.6 Emise motorových lokomotiv	38
2.7 Emisní limity pro motory CATERPILLAR	39
2.8 Emisní limity motorů TATRA	39
3 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ ČKD	41
3.1 Motor 12 V 170 DR	41
3.2 Motor K 12 V 170 DR	43
3.3 Motor K 6 S 310 DR	46
3.4 Motor K 12 V 230 DR	48
4 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ TEDOM A LIAZ.....	51
4.1 Motory TEDOM řady TRAIN	52
4.2 Motor LIAZ M1.2C ML	53
4.3 Motor LIAZ M1.2C	54
4.4 Motor LIAZ M1.2B ML a TEDOM TD 242 RH TA 25	55
4.5 Motor LIAZ M634 a M637	56
5 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ CATERPILLAR.....	58
5.1 Motory řady CAT 3412E	60

5.2	Motory řad CAT 35xx	61
5.3	Motory řad CAT C13 a C15.....	63
5.4	Motory řady CAT C27.....	64
6	KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ MTU	66
6.1	Motory řady 183	67
6.2	Motory řady 396	68
6.3	Motory řady 595	69
6.4	Motory řady 1163	70
7	KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ MAN, IVECO.....	71
7.1	Motory MAN	71
7.2	Motory IVECO	73
8	KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ ANGLO-BELGIAN CORPORATION (ABC).....	75
8.1	Motory „ABC“ 16VDZC 1000-166V	75
8.2	Motory „ABC“ V2868T3/L3.....	76
9	POROVNÁNÍ VYBRANÝCH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ DRÁŽNÍCH MOTORŮ.....	78
9.1	Podle počtu válců	78
9.2	Podle výkonu.....	79
9.3	Podle objemu	79
9.4	Podle otáček	80
9.5	Podle uspořádání motoru	82
ZÁVĚR.....	83
Seznam použité literatury.....	86
Seznam příloh.....	91

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABC	Anglo-Belgian Corporation
BEF	Belgický Frank
ACERT	Advanced Combustion Emissions Reduction Technology
ADEM	Řídicí jednotka
CAT	Caterpillar
CCR	Vstřikovací systém
CER	Společenství evropských železnic a manažerů infrastruktury
ČD	České dráhy
ČKD	společnost Českomoravská - Kolben – Daněk
EGR	Systém recirkulace výfukových plynů
ELR	European Load Resonse
ESC	European Stacionary Cycle
EU	Evropská unie
HEUI	Hydraulic Electronic Unit Injection
MEUI	Motoren Electronic Unit Injection
MTU	Motoren- und Turbinen-Union, bývalá německá strojírenská firma, dnes MTU Aero Engines a MTU Friedrichshafen (dceřiná společnost koncernu Tognum)
MUS	Mostecká uhelná společnost
OHV	Ventilový rozvod – s vinutými ventily
OKD	Ostravsko – Karvinské doly
OSŽD	Organizace pro spolupráci železnic
SCR	Selektivní katalytická redukce

SO		Sání otevírá
SZ		Sání zavírá
TTA		Turbodmychadla paralelně řazená
UIC		Mezinárodní unie železnic
VZ		Výfuk zavírá
VZDC		Motor střední rychlosti, přeplňovaný, s mezichladičem
ε	-	Kompresní poměr
φ	-	Stupeň plnění
K	-	Poissonova konstanta
η_t	-	Termická účinnost
A_0	J	Práce vykonaná soustavou
M_m	N.m	Moment
M_t	N.m	Krouticí moment
P	kW, k	Výkon motoru
Q	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Objem vzduchu nasávaný dmýchadlem,
Q_H	J	Teplo soustavě přivedené
Q_C	J	Teplo soustavě odvedené
T	K	Termodynamická teplota
V	m^3	Objem
V_e	m^3	Objem čerstvé náplně
V_z	dm^3	Zdvihový objem
V_{zb}	dm^3	Objem zbylých spalin
c_v	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	Měrná tepelná kapacita látky při konstantním objemu

c_p	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	Měrná tepelná kapacita látky při konstantním tlaku
g_p	p.kh^{-1}	Měrná spotřeba paliva
m	kg	Hmotnost
m_e	g.kWh^{-1}	Měrná spotřeba paliva
n	min^{-1}	Otáčky
n_t	min^{-1}	Otáčky turbodmyhadla
p_d	atm	Střední přetlak plnicího vzduchu za dmýchadlem
p_e	%	Dílčí plnění naftového motoru
p_s	atm	Přetlak plnicího vzduchu v plnicím potrubí
p_t	atm	Střední přetlak výfukových plynů před turbínou
t_d	$^{\circ}\text{C}$	Střední teplota plnicího vzduchu za dmýchadlem
t_s	$^{\circ}\text{C}$	Teplota plnicího vzduchu za mezichladičem
t_t	$^{\circ}\text{C}$	Střední teplota výfukových plynů před turbínou
t_v	$^{\circ}\text{C}$	Středná teplota výfukových plynů za válci motoru
t_{zt}	$^{\circ}\text{C}$	Teplota výfukových plynů za turbodmyhadlem

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 p-V a T-s diagramy teoretického Dieselova cyklu.

Obr. 2 Schéma elektrického přenosu stejnosměrného a střídavě stejnosměrného.

Obr. 3 Schéma hydrostatického přenosu výkonu.

Obr. 4 Schéma hydrodynamického přenosu výkonu.

Obr. 5 Schéma mechanického přenosu výkonu.

Obr. 6 Schéma hydrostatického přenosu výkonu.

Obr. 7 Schéma hydrodynamického přenosu výkonu.

Obr. 8 Schéma mechanického přenosu výkonu.

Obr. 9 Uspořádání válců v motoru 12 V 170 DR.

Obr. 10 Fotografie vozů zleva doprava: 710 (T334.0), 830 (M262.0).

Obr. 11 Fotografie vozu 726.

Obr. 12 Řez motorem K 12 V 170 DR.

Obr. 13 Spalovací motor K 6 S 310 DR.

Obr. 14 Fotografie vozů zleva doprava: 751, 749 a 771.

Obr. 15 Fotografie vozů zleva doprava: 750, 753 a 754.

Obr. 16 Spalovací motor K 12 V 230 DR.

Obr. 17 Podélný řez motorem K 12 V 230 DR.

Obr. 18 Fotografie motoru TEDOM řady TRAIN.

Obr. 19 Fotografie vozu 812.

Obr. 20 Fotografie zleva doprava: 843, 708.

Obr. 21 Fotografie vozu řady 842.

Obr. 22 Fotografie vozů zleva doprava: 810, 718.

- Obr. 23 Spalovací motor M634.
- Obr. 24 Lokomotivní motory CAT (C175, 3500C, C27, C15, C13).
- Obr. 25 Fotografie vozů zleva doprava: 854, 724.7 a 729.7.
- Obr. 26 Fotografie vozů zleva doprava: 741.7, 736 a 755.
- Obr. 27 Motor CAT 3500B.
- Obr. 28 Fotografie vozů zleva doprava: 740.4, 709.4.
- Obr. 29 Motor řady 183, a) válce uspořádané do V, b) válce v řadě.
- Obr. 30 Motor řady 396.
- Obr. 31 Řez motorem MTU řady 595.
- Obr. 32 Motor řady 1163.
- Obr. 33 Fotografie vozů zleva doprava: motorová jednotka 813, Bombardier Itino Y31
- Obr. 34 Motory MAN vlevo 6V D2876 a vpravo 12V D2842
- Obr. 35 Systém spalování pomocí technologie SCR
- Obr. 36 Fotografie motoru zleva doprava: Iveco Cursor vlevo 8, Iveco Cursor 13.
- Obr. 37 Motorových vozů Regio – Shuttle RS.
- Obr. 38 Motor „ABC16VDZC 1000-166V“ a lokomotiva MAXIMA 30CC.
- Obr. 39 Fotografie zleva doprava: Lokomotiva GRAVITA 10BB, motor V2868T3/L3.

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 Vývoj počtů lokomotiv podle zdroje pohonu v letech 2005 – 2011.
- Tab. 2 Vývoj hodnot celkových trakčních výkonů různých typů lokomotiv [tis. kW] v závislosti na zdroji pohonu v letech 2005 – 2011.
- Tab. 3 Značení šestiválcových a dvanáctiválcových motorů ČKD.
- Tab. 4 Stupeň emisních vlastností III.A motoru drážního vozidla.
- Tab. 5 Stupeň emisních vlastností III.B motoru drážního vozidla.
- Tab. 6 Předpisy Evropské unie týkající se dopravy a životního prostředí – Naftové pohonné hmoty.
- Tab. 7 Předpisy Evropské unie týkající se dopravy a životního prostředí – Benzinové pohonné hmoty.
- Tab. 8 Emisní limity EURO I-V.
- Tab. 9 Normy emisních limitů.
- Tab. 10 Časové využití jízdních stupňů.
- Tab. 11 Emise vzorku motorových lokomotiv.
- Tab. 12 Základní technické parametry motoru 12 V 170 DR.
- Tab. 13 Základní technické parametry motoru ČKD K 12 V 170 DR.
- Tab. 14 Základní technické parametry motoru ČKD K 6 S 310 DR.
- Tab. 15 Základní technické parametry motoru ČKD K 12 V 230 DR.
- Tab. 16 Technické specifikace motorů TEDOM řady TRAIN.
- Tab. 17 Základní technické parametry motoru LIAZ M1.2C ML.
- Tab. 18 Základní technické parametry motoru LIAZ M1.2C.
- Tab. 19 Základní technické parametry motoru LIAZ M1.2B ML a TEDOM TD 242 RH TA 25.
- Tab. 20 Základní technické parametry motorů LIAZ M634 a M637.

- Tab. 21 Základní technické parametry motoru CAT 3412E.
- Tab. 22 Základní technické parametry motoru CAT 35xx.
- Tab. 23 Základní technické parametry motoru CAT C13 a C15.
- Tab. 24 Základní technické parametry motoru CAT C27.
- Tab. 25 Typy motorů MTU a jejich výkon při daných otáčkách.
- Tab. 26 Základní technické parametry motorů MTU řady 183.
- Tab. 27 Základní technické parametry motorů MTU řady 396.
- Tab. 28 Základní technické parametry motorů MTU řady 595.
- Tab. 29 Základní technické parametry motoru MTU řady 1163.
- Tab. 30 Typy motorů MAN a jejich výkony při daných otáčkách.
- Tab. 31 Základní technické parametry motorů MAN D 28.
- Tab. 32 Typy motorů IVECO Cursor 8 a jejich výkony při daných otáčkách.
- Tab. 33 Základní technické parametry motoru ABC 16VDZC 1000-166V.
- Tab. 34 Základní technické parametry motoru ABC V2868T3/L3.
- Tab. 35 Rozdělení motorů podle jejich objemu, řazeno vzestupně.
- Tab. 36 Rozdělení motorů podle jejich otáček, řazeno vzestupně.

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Zidealizovaný p-V diagram vznětového motoru.

Graf 2 Zidealizovaný p-V diagram nepřepřítvaného vznětového motoru.

Graf 3 Závislosti momentů a výkonů spalovacích motorů na jejich otáčkách,
a) Závislost momentu M_m a výkonu P naftového motoru na jeho otáčkách n ,
b) Skutečný průběh momentu M_m a výkonu P naftového motoru na jeho otáčkách n .

Graf 4 Průběhy momentů a výkonů spalovacích motorů v závislosti na otáčkách při dílčím plnění, a) Průběhy momentů M_m naftových motorů v závislosti na otáčkách n při dílčím plnění p_e , b) Průběhy výkonů P naftových motorů v závislosti na otáčkách n při dílčím plnění p_e .

Graf 5 Charakteristika motoru K 12 V 170 DR při $n = 1470 \text{ min}^{-1}$.

Graf 6 Charakteristika motoru K 6 S 310 DR při $n = 760 \text{ min}^{-1}$.

Graf 7 Charakteristika motoru TEDOM TD 242 RH TA 25.

Graf 8 Rozsah výkonů v kW pro jednotlivé typy motorů CAT.

Graf 9 Charakteristika motoru CAT 3412E, 641 kW.

Graf 10 Charakteristika motoru CAT 3508B.

Graf 11 Porovnání motorů podle počtu válců.

Graf 12 Histogram výkonů motorů.

Graf 13 Histogram otáček motorů [min^{-1}].

ÚVOD

Spalovací motory lokomotiv a motorových vozů pracují na stejném principu, jako motory nákladních automobilů. Některé lokomotivy a zejména motorové vozy jsou osazeny přímo automobilovým motorem (např. stroje řady 714, 842, 843). U spalovacích motorů silničních nákladních vozidel se používají motory s výkonem 550 kW, u lokomotiv se používají spalovací motory o výkonu 1 500 kW. Automobilové motory se vyrábějí ve velkých sériích. Díky tomu faktoru mají opravny velké množství statistických dat pro získávání záznamů o poruchách i závadách na konkrétním typu motoru. Závěry získané ze statistických dat dále slouží k opatřením, které případné poruchy (závady) odstraní, nebo alespoň omezí.

U spalovacích motorů lokomotiv je situace poněkud jiná. Tyto motory se vyrábějí v menších sériích a získávání statistických dat je velice obtížné. Motory lokomotiv se opravují jinou technologií než motory automobilové. Technologie oprav motorů lokomotiv se liší především tím, že ceny jejich náhradních dílů jsou mnohonásobně větší než náhradní díly motorů automobilních.

U motorů, které se montují do lokomotiv, jsou menší nároky na jejich velikost než u motorů motorových jednotek. V tomto případě hraje velkou roli velikost a hmotnost daného motoru. V dnešní době se motory motorových jednotek montují pod podlahu, čímž dochází k maximálnímu využití celého podlahového prostoru jednotky. [1]

Doba benzínových (zážehových) agregátů odezněla již v první polovině 20. století, dnes se tedy používají především motory naftové (vznětové). Ty mají oproti motorům benzínovým větší účinnost, která se pohybuje v rozmezí 30÷42% a také nižší spotřebu paliva. Účinnost benzínových motorů je pouhých 20÷33%.

Vznětové motory, i přes některá svá negativa (např. vyšší hmotnost vyplývající z konstrukční složitosti, nutné žhavení nebo klepavý zvuk) jsou pro použití v kolejových vozidlech vhodné.

Spalovací motory přeměňují chemickou energii paliva na mechanickou práci. Ve válci takového motoru se spaluje směs paliva a vzduchu vhodného poměru (tzv. stechiometrický poměr), která po zapálení rychle a beze zbytku shořela. Vlivem uvolněné tepelné energie prudce stoupne tlak a objem plynů ve válci motoru a vzniklý tlak plynů tlačí na píst.

Vznětové motory pracují na principu vznícení zápalné směsi vlivem vysoké teploty vzniklé stlačením náplně ve válci, která je vyšší než teplota samozápalu paliva (objeveno Rudolfem Dieselem v roce 1897).

Obsah škodlivin ve výfukových plynech je v současnosti velké téma a výrobci spalovacích motorů se předhánějí v plnění emisních limitů značené jako EURO.

V současné době je několik firem, které se zabývají vývojem a výrobou spalovacích motorů (CATERPILLAR, MTU, TEDOM, LIAZ, MAN, IVECO a ABC). Spalovací motory těchto výrobců jsou tématem této bakalářské práce.

U kolejových vozů ČD mají veliké zastoupení motory výrobce ČKD, LIAZ a v poslední době i Caterpillar. Motory MTU jsou využity u vozidel zahraničních železničních lokomotiv, dalším velmi významným výrobcem spalovacích motorů je firma MAN a IVECO, využití těchto motorů je pestré, jedná se o lokomotivy a motorové vozy Českých drah i jiných evropských společností. V neposlední řadě se mezi výrobce řadí i firma ABC, jejíž motory se vyznačují nízkou hmotností, malou spotřebou a bezporuchovostí a jsou osazovány do lokomotiv firmy VOITH.

Nejprve je popsán teoretický cyklus, kterým je nahrazován skutečný cyklus vznětového spalovacího motoru, a také jsou zde uvedeny vzorce pro výpočet jeho termické účinnosti. V dalším textu jsou popsány vybrané typy spalovacích motorů.

Cílem práce je sestavit přehled jednotlivých motorů, jejich parametrů a konstrukčního provedení. Od každého výrobce je vybráno několik motorů, které jsou nejvíce zastoupeny ve vozech ČD. Pro každý typ jsou shromážděny informace o technických parametrech, jejich použití a fotografie.

Na závěr práce je provedeno porovnání jednotlivých typů z hlediska výkonů, obsahu, otáček a počtu válců. Z těchto přehledů je možné udělat si ucelenou představu o motorech a jejich parametrech, které jsou v ČR nejčastěji zastoupeny v lokomotivách a motorových vozech.

Vývoj konkrétních počtů jednotlivých typů lokomotiv a celkové trakční výkony za období let 2005 – 2011 jsou uvedeny v Tab. 1 a v Tab. 2.

Tab. 1 Vývoj počtů lokomotiv podle zdroje pohonu v letech 2005 – 2011. [1], [2]

	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Elektrické lokomotivy	933	971	945	863	853	860
Motorové lokomotivy	1 390	1 416	1 247	1 162	1 201	1 185
Parní lokomotivy	27	27	30	29	31	31
Celkový počet	2 350	2 414	2 222	2 054	2 085	2 076

Tab. 2 Vývoj hodnot celkových trakčních výkonů různých typů lokomotiv [tis. kW] v závislosti na zdroji pohonu v letech 2005 – 2011. [2]

	2005	2007	2008	2009	2010	2011
Elektrické lokomotivy	2 050	2 530	2 435	2 308	2299	2 376
Motorové lokomotivy	1 212	1 158	989	947	982	1 021
Parní lokomotivy	17	18	21	22	22	22
Celkový počet	3 280	3 706	3 446	3 276	3 489	3 419

1 SPALOVACÍ MOTORY

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pro kolejová vozidla jsou použity motory pracující na stejném principu, jako motory nákladních automobilů. Velkého využití dosáhly především motory naftové (vznětové), v porovnání s motory benzínovými, a to díky jejich vyšší účinnosti a nižší spotřebě paliva. Tyto vlastnosti překonaly jejich nevýhody, kterými je především konstrukční složitost, nutné žhavení a klepavý zvuk.

Zajímavostí je, že se v padesátých letech objevilo nové, slibně vypadající řešení pohonu lokomotivy tepelným motorem – turbínová trakce. ŠKODA Plzeň v roce 1958 vyrobila první turbínovou lokomotivu TL 659.0. Jednalo se o mohutnou šestnápravovou lokomotivu s plynovou turbínou, poháněnou spaliny vznikajícími hořením mazutu. Tato lokomotiva se stala nejvýkonnější lokomotivou s mechanickým přenosem výkonu na světě. Spotřeba topného oleje však byla obrovská, a proto musela lokomotiva vozit speciální cisternový vůz plný paliva. Lokomotiva byla navíc neúměrně hlučná. Nakonec se tedy od vývoje turbínové trakce u nás i ve světě upustilo.

U starších typů lokomotiv ČD jsou nejčastěji používány motory šestiválcové a dvanáctiválcové agregáty ČKD. Způsob jejich značení je uveden v Tab. 3. Druhými nejčastěji používanými agregáty jsou motory firmy LIAZ (řada 714 a 843), v současné době jsou nejvíce používány motory firmy Caterpillar (C9 až 3608), méně často se vyskytují motory MAN a IVECO, dále pak, TATRA.

Tab. 3 Značení šestiválcových a dvanáctiválcových motorů ČKD. [2]

Šestiválcový motor K 6 S 310 DR		Dvanáctiválcový motor K 12 V 170 DR	
K	Přepřňovaný motor	K	Přepřňovaný motor
6	Šest válců	12	Dvanáct válců
S	Stojatý motor s válci v řadě	V	Válce do V
310	Vrtání 310 mm	170	Vrtání 170 mm

Význam agregátů značky Caterpillar však v poslední době značně roste. Jedná se o moderní motory se žlutým nátěrem, které jsou součástí rekonstruovaných lokomotiv řad 755 ČD. Také je používají i externí dopravci, jako např. OKD, Unipetrol, MUS, atd.

Specifické požadavky na spalovací motory lokomotiv

Dieselové motory pro kolejová vozidla malých výkonů (asi do 220 kW) mají charakter motorů automobilových. Dieselové motory pro kolejová vozidla velkých výkonů mají charakter motorů stabilních. Požaduje se, aby motory byly lehké, zaujímali malý prostor, a aby byly spolehlivé, i když velkou část pracovní doby nepracují s plným výkonem. Jejich účinnost má být příznivá v oblastech kde nejčastěji spolupracují se zařízeními k přenosu výkonu. [1]

Porovnání spalovacího motoru použitého v železničním a silničním vozidle [3]

Velké lokomotivní motory bývají konstruovány jako víceválcové s uspořádáním do „V“ a bývají pomaloběžné. Platí zde přibližná úměra - čím větší vznětový motor, tím nižší jmenovité otáčky. Otáčky se u velkých motorů pohybují řádově ve stovkách otáček za minutu.

Spalovací motor pro pohon lokomotivy je provozován v jiném režimu, než spalovací motor silničních vozidel. Většinu doby provozu (70 - 80%) je motor ve volnoběžných otáčkách. Co se týká zatěžování motoru, tak obvykle akceleruje motor na požadované otáčky a následně je regulací buzení trakčního alternátoru dosažen požadovaný elektrický výkon pro pohon lokomotivy. Jakýmkoliv otáčkám spalovacího motoru je možné přidělit předem naprogramovaný elektrický výkon alternátoru.

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům je požadovaný rozsah provozních otáček $600 - 1\,800 \text{ min}^{-1}$ s tím, že je potřebné, aby motor měl co nejtvrďší chod po převzetí zatížení. Dále je nutné, aby bylo možné udržet konstantní otáčky motoru při nekonstantním zatížení. V případě, že by motor po převzetí zatížení neudržel konstantní otáčky, docházelo by při změně zatížení k rozhoupání celého systému.

1.1 Dělení spalovacích motorů

Spalovací motory používané na lokomotivách ČD můžeme rozdělit do několika kategorií, a to [4]:

- Podle uspořádání motoru
 - Stojaté (vertikální) – v lokomotivách a motorových vozech se strojovnou
 - Ležaté (horizontální) – v menších motorových vozech
- Podle počtu pracovních dob
 - Dvoudobé – dnes nepoužívané

- Čtyřdobé – vyrovnanější chod než motory dvoudobé, dnes jsou použity ve všech lokomotivách ČD, které jsou v provozu
- Podle počtu válců
 - Šestiválce mají šest válců v řadě, např. motory K6 S 310 DR nebo LIAZ M 1.2 C
 - Dvanáctiválce – vidlicové motory – válce uspořádané do tvaru písmene V, jedná se např. o motory K12 V 230 DR
- Podle způsobu vstřiku paliva
 - S přímým vstřikem – palivo je vstřikováno přímo do válce
 - S nepřímým vstřikem – již se nepoužívají
- Podle způsobu plnění válce vzduchem
 - Přepřňované – ve válcích je vzduch o tlaku vyšším, než je tlak atmosferický, což zajišťuje turbodmychadlo (motory ČKD jsou značena prvním písmenem K, dále jsou to např. všechny motory CAT)
 - Nepřepřňované – bez turbodmychadla, jsou méně výkonné, levnější (např. motor LIAZ ML 634)
- Podle otáček
 - Pomaloběžné – pracují s otáčkami nižšími než 1000 min^{-1} (např. motor K6 S 230 DR)
 - Rychloběžné (např. K12 V 170 DR, Caterpillar, všechny motory LIAZ)

Většina motorů v lokomotivách je přepřňovaná (válce jsou plněny tlakem vyšším než atmosferickým). Přepřňování zajišťuje turbodmychadlo (turbo), které přemísťuje plyny odstředivou silou. Ta vzniká otáčením lopatek v uzavřené skříni.

Turbodmychadla dělíme podle konstrukce na axiální, radiální a diagonální. Podobně jako kompresory mohou být jednostupňová nebo vícestupňová. Skládají se z hřídele uloženého ve valivých ložiskách a na něm připevněné turbíny a dmychadla. Chlazení turbodmychadla je vodní, zajišťují ho výfukové plyny.

Dieselové motory pohánějí dopravní stroje, jako jsou např. lodě, lokomotivy, automobily nebo zemědělské stroje. V posledních několika letech roste jejich význam především u osobních automobilů.

Stacionární dieselové motory se využívají pro pohon strojů, které nemají pevný přívod elektrického proudu nebo jako pohon elektrických generátorů. Velký význam

mají především u speciálních stavebních a zemědělských strojů a vojenských mobilních mechanismů.

Velké motory bývají konstruovány jako víceválcové s uspořádáním do „V“ a bývají pomaluběžné. Platí zde přímá úměra: čím větší diesellový motor, tím nižší jmenovité otáčky. Tyto motory se používají především u lodí a lokomotiv.

1.2 Cykly a průběhové charakteristiky spalovacích motorů

Jak již bylo zmíněno, spalovací motory dělíme na zážehové a vznětové. Zážehové (benzínové) motory nasávají směs vzduchu a benzínu, která je zapálena svíčkou. Tyto motory nahrazujeme pro výpočty Ottovým cyklem. Vznětové (naftové) motory nasávají vzduch, který je stlačen na vysoký tlak a teplotu a tryskou je do něj vstříknuto palivo, čímž dojde k jeho vznícení. Jsou nahrazovány Diesellovým cyklem.

Pro popis těchto cyklů byla zavedena řada zjednodušení [5]:

- Množství a sloužení plynu v soustavě se nemění
- Cyklus probíhá s ideálními plyny, fyzikální vlastnosti jsou nezávislé na teplotě
- Hoření nahrazujeme přívodem tepla z okolí
- Výfuk nahrazujeme odvodem tepla do okolí
- Jednotlivé děje nahrazujeme vratnými termodynamickými ději, komprese a expanze bývají adiabatické

Dieselův cyklus

Jedná se teoretický cyklus, který nahrazuje cyklus vznětového motoru. Může být dvoudobý i čtyřdobý. Čtyřdobý cyklus je znázorněn v následujících diagramech na Obr. 1.

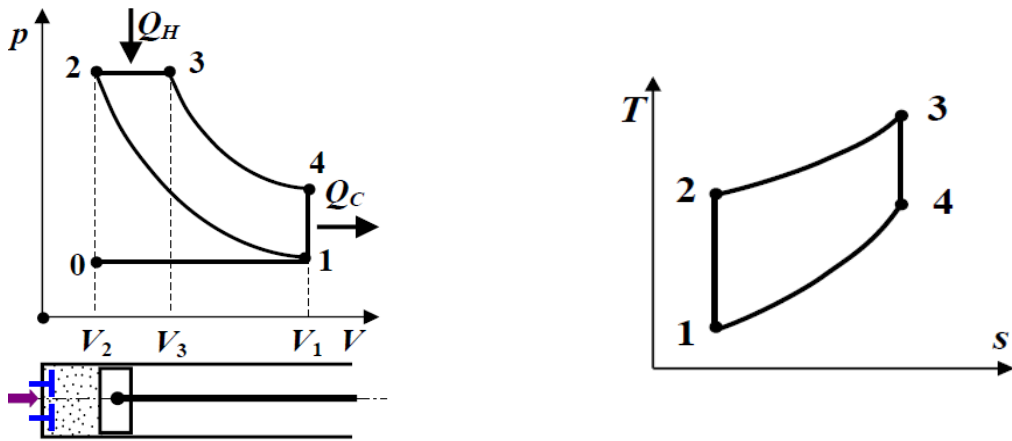
Vzorec pro výpočet termické účinnosti je odvozen ze vztahů pro izobarický přívod a izochorický odvod tepla:

$$Q_H = m \cdot c_p \cdot (T_3 - T_2), \quad (1)$$

$$Q_C = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_4), \quad (2)$$

kde Q_H [J] teplo soustavě přivedené,
 Q_C [J] teplo soustavě odvedené,
 m [kg] hmotnost,

c_v [J.kg⁻¹.K⁻¹] měrná tepelná kapacita látky při konstantním objemu,
 c_p [J.kg⁻¹.K⁻¹] měrná tepelná kapacita látky při konstantním tlaku,
 T [K] teplota. [5]



Obr. 1 p - V a T - s diagramy teoretického Dieselova cyklu. [5]

Dosažení do vzorce pro termickou účinnost:

$$\eta_t = \frac{A_0}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_C|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H} = 1 - \frac{m \cdot c_v \cdot (T_4 - T_1)}{m \cdot c_p \cdot (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{\kappa} \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2},$$

kde A_0 [J] práce vykonaná soustavou,
 κ [-]Poissonova konstanta. [5]

Vzorec pro kompresní poměr:

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} \quad (3)$$

Vzorec pro výpočet stupně plnění:

$$\varphi = \frac{V_3}{V_2} \quad (4)$$

Za použití algebraických úprav a použití vzorců pro kompresní poměr a stupeň plnění dostaneme finální vztah pro termickou účinnost Dieselova cyklu. Z něj je patrné, že

termická účinnost roste s rostoucím kompresním poměrem a klesajícím stupněm plnění.

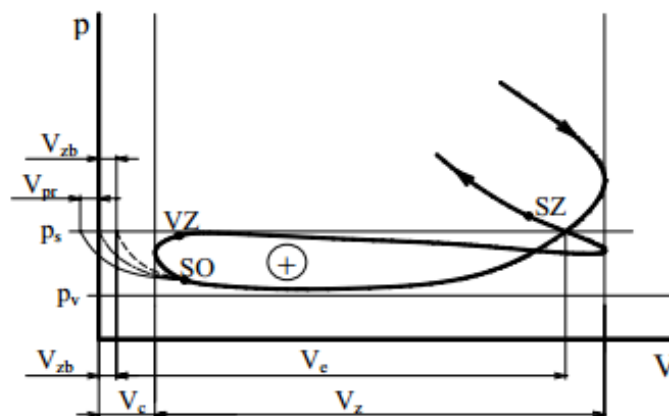
$$\eta_t = 1 - \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\kappa-1} \frac{\varphi^\kappa - 1}{\varphi - 1}, \quad (5)$$

kde ε [-] ... kompresní poměr,
 φ [-] ... stupeň plnění. [5]

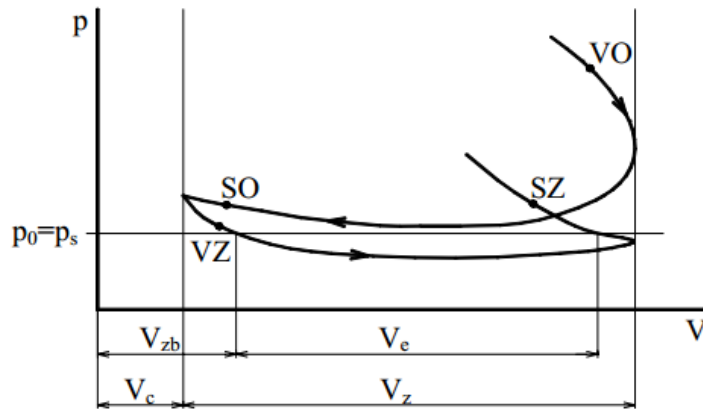
Při stejném kompresním poměru je termická účinnost Dieselova cyklu menší než Ottova cyklu, protože $\varphi > 1$.

Dieselův motor pracuje s většími kompresními poměry než Ottův motor, jelikož pro vznícení paliva je třeba vysoká teplota stlačeného vzduchu.

Zidealizovaný průběh výměny obsahu válce přeplňovaného motoru je uveden v p - V diagramu v Graf 1.



Graf 1 Zidealizovaný p - V diagram vznětového motoru. [5]



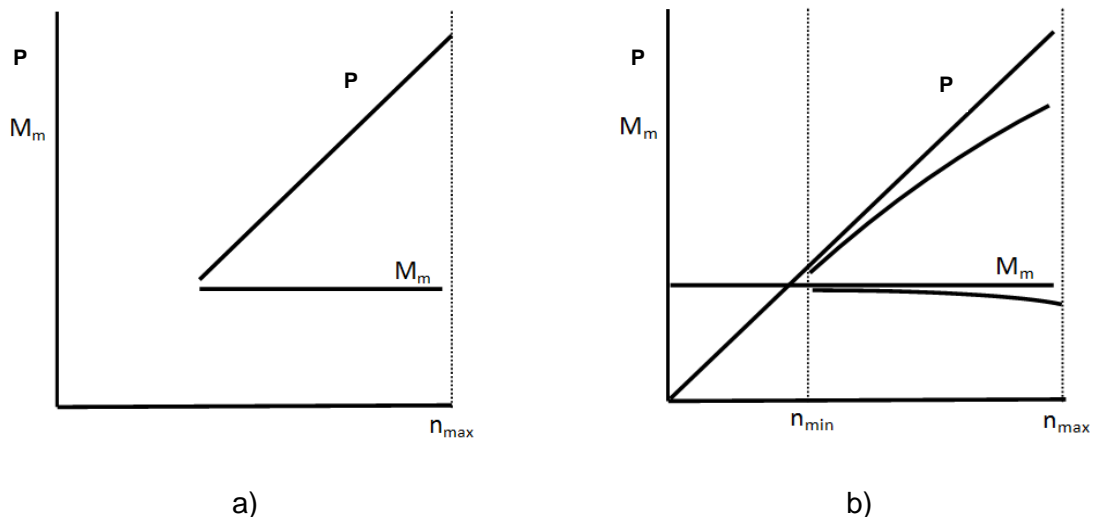
Graf 2 Zidealizovaný p - V diagram nepřepřlňovaného vznětového motoru. [5]

Průběhové charakteristiky spalovacích motorů

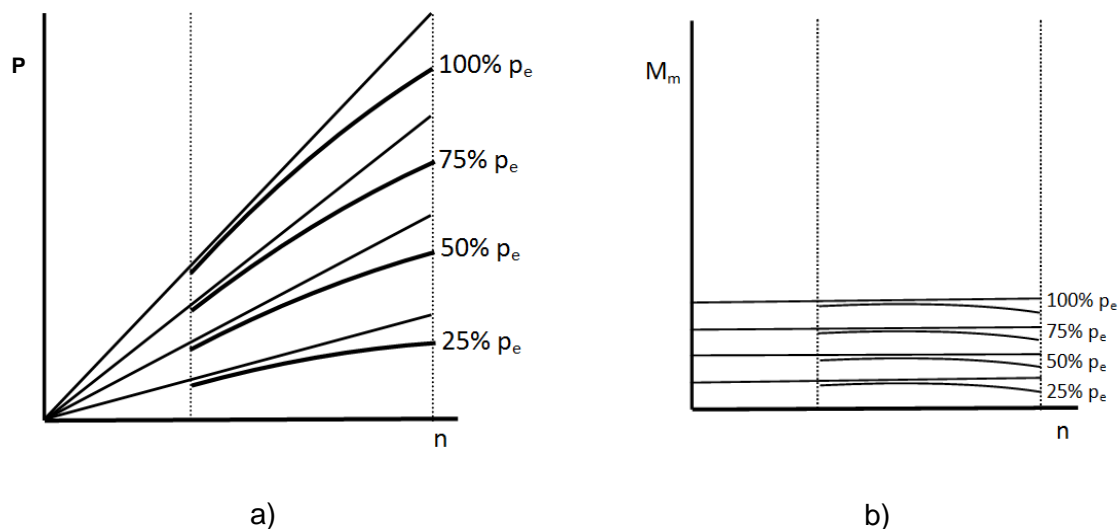
V následujících grafech jsou uvedeny závislosti momentů a výkonů spalovacích motorů na jejich otáčkách (Graf 3) při dílčím plnění (Graf 4).

Z Graf 3 je patrné, že moment je nezávislý na otáčkách, ale průběh výkonu je rostoucí se zvyšujícími se otáčkami.

Z Graf 4 je zřejmé, že průběh momentu v závislosti na otáčkách při dílčím plnění nepatrně klesající a průběh výkonu opět rostoucí.



Graf 3 Závislosti momentů a výkonů spalovacích motorů na jejich otáčkách, a) Závislost momentu M_m a výkonu P naftového motoru na jeho otáčkách n , b) Skutečný průběh momentu M_m a výkonu P naftového motoru na jeho otáčkách n . [7]



Graf 4 Průběhy momentů a výkonů spalovacích motorů v závislosti na otáčkách při dílčím plnění, a) Průběhy momentů M_m naftových motorů v závislosti na otáčkách n při dílčím plnění p_e , b) Průběhy výkonů P naftových motorů v závislosti na otáčkách n při dílčím plnění p_e . [7]

1.3 Přenosy výkonu

Jak již bylo zmíněno, tak dieselová lokomotiva je jedním nejobvyklejších vozidel současné železnice, které je poháněna dieselovým motorem. Nahradila dříve používanou parní lokomotivu především na tratích, kde zatím neproběhla elektrifikace.

Konstrukčním problémem je přenos velkého výkonu motoru na železniční dvojkolí, tedy převod téměř konstantního krouticího momentu spalovacího motoru na proměnlivou tažnou sílu lokomotivy. Existuje několik typů přenosů výkonu: elektrický, hydrodynamický a mechanický.

Dalším problémem při použití dieselové lokomotivy v osobní dopravě je, čím bude soustava vytápěna. Systémy vytápění prošly vývojem. Část lokomotiv bývá vyčleněna jako nákladní a ta buď vůbec nemá zařízení na vytápění nebo se nepoužívá. Tím se motorové lokomotivy liší od elektrických a parních lokomotiv, kde bylo topení nainstalováno v podstatě vždy (vzhledem k nižším nákladům na provoz).

Existují i jiné varianty vytápění, které neovlivňují konstrukci samotné lokomotivy, a to použití individuálního topení v každém voze nebo použití speciálního topného vozu.

Elektrický přenos výkonu

Jedná se o nejrozšířenější typ přenosu výkonu s řadou výhod, jeho schéma je uvedeno na Obr. 2. Tento přenos založen na pohonu generátoru elektrického proudu spalovacím motorem. Proud vyrobený generátorem je poté použit pro napájení elektromotorů pohánějících dvojkolí. Přenos mechanické energie z elektromotoru na nápravu je obvykle zajišťován jednoduchým ozubeným převodem. [4]

Vyznačuje se vysokou účinností, lze jej použít i pro nejvyšší výkony. Nevýhodou je nutnost regulace přenosu, která je poměrně složitá. Výhody elektrického přenosu převažují nad jeho nevýhodami. Oproti mechanickému přenosu je účinnost nižší. Ve srovnání s hydrodynamickým přenosem výkonu má konstrukce elektrického přenosu vyšší hmotnost, ale také vyšší účinnost.

Elektrické přenosy výkonu dělíme do třech základních skupin:

- Stejnosměrný – nejstarší typ, zdrojem proudu je dynamo, vozidlo je poháněno stejnosměrnými motory
- Smíšený – střídavě stejnosměrný – zdrojem proudu je trakční alternátor
- Střídavý – zdrojem proudu je trakční alternátor, asynchronní nebo synchronní trakční motory jsou napájeny z polovodičových měničů

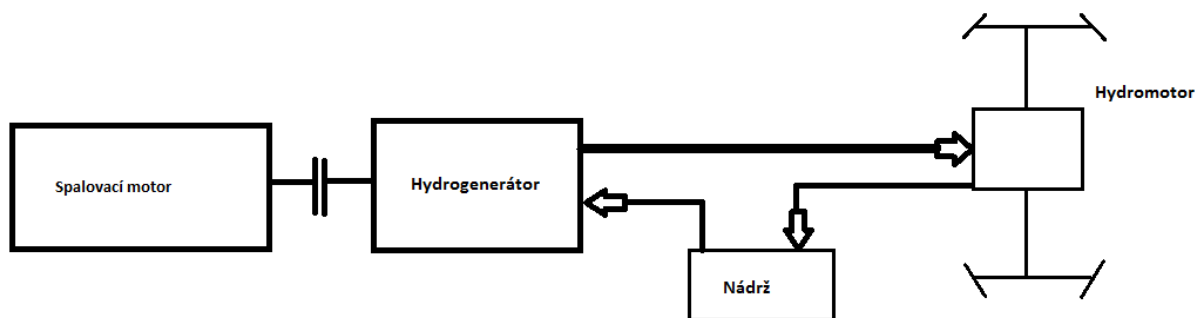


Obr. 2 Schéma elektrického přenosu stejnosměrného a střídavě stejnosměrného. [vlastní], [4]

Hydraulický přenos výkonu

Tento typ přenosu výkonu je založen na kinetické energii kapaliny, která přenáší výkon. Můžeme ho dělit na hydrostatický (Obr. 3) a hydrodynamický (Obr. 4).

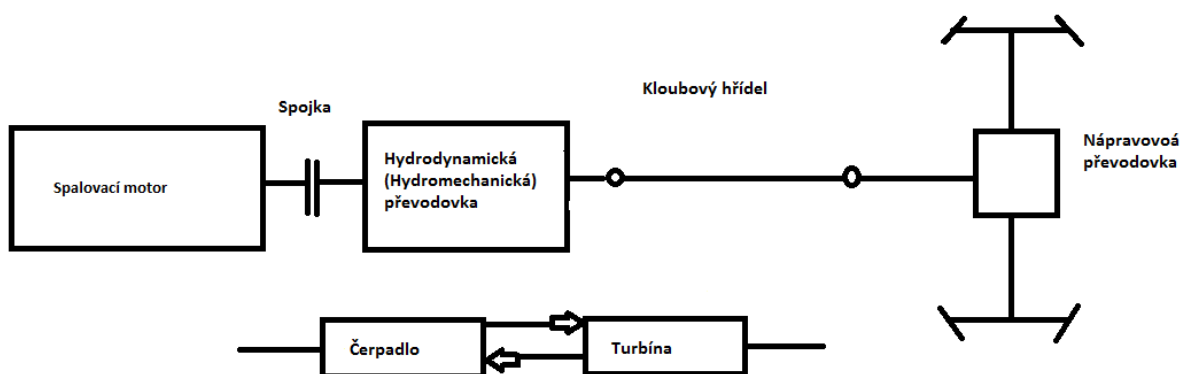
Hydrostatický přenos výkonu využívá rotační čerpadla poháněná spalovacím motorem. Tímto se vytváří tlaková energie kapalin, které následně působí na hydromotor. Využití u drážních hnacích vozidel je minimální, téměř se nepoužívá. Výjimku tvoří pomocné pohony (pohon ventilátorů, kompresorů). Nevýhodou je však vysoká náchylnost k poruchám, které jsou nejčastěji způsobeny netěsnostmi. [4]



Obr. 3 Schéma hydrostatického přenosu výkonu [vlastní]

Hydrodynamický přenos výkonu využívá dva základní typy hydrodynamických strojů.

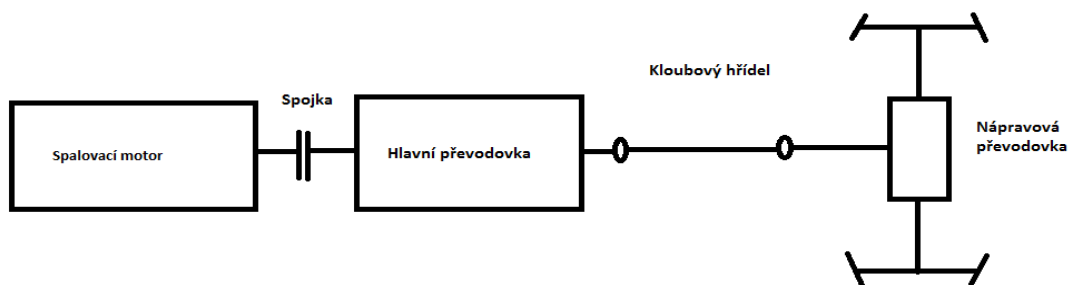
Hydrodynamickou spojkou a hydrodynamický měnič. Tento typ přenosu výkonu přenáší nižší a střední výkony $200 \div 2000$ kW.



Obr. 4 Schéma hydrodynamického přenosu výkonu. [vlastní]

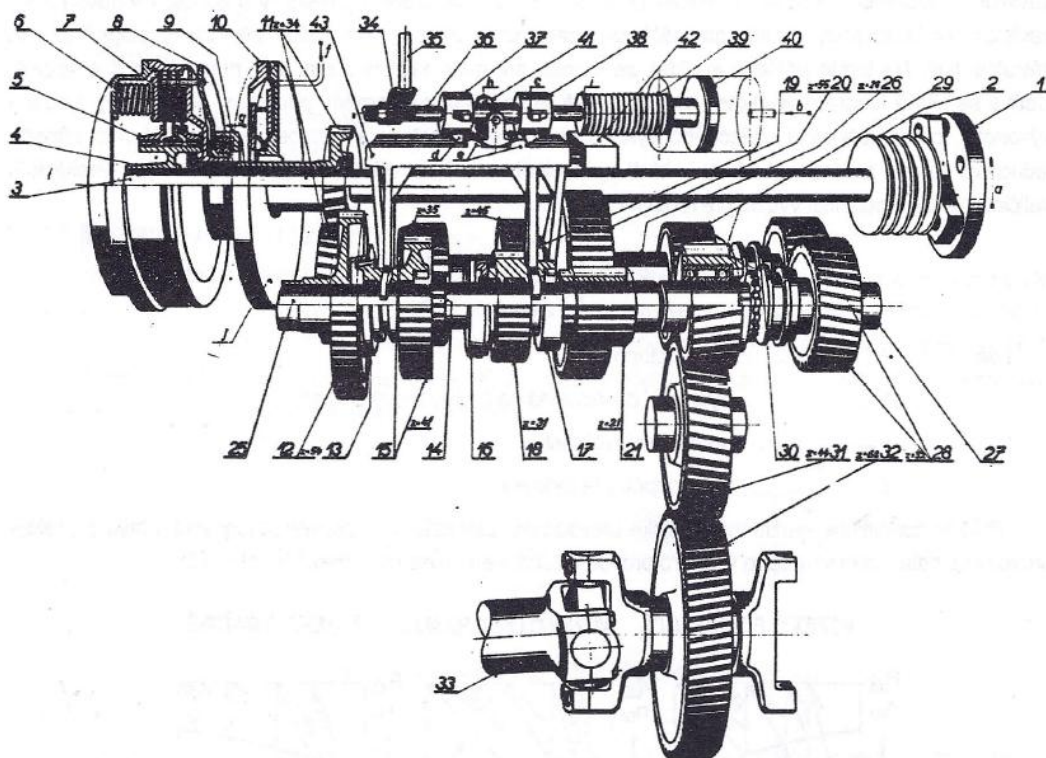
Mechanický přenos výkonu

Výkon je od spalovacího motoru přenášen přes spojku do mechanické převodovky s ručním nebo automatickým řazením dále přes kloubový hřídel do nápravové převodovky na dvojkolí. Tento typ přenosu výkonu se používá pro malé výkony do 200 kW a jeho schéma je uvedeno na Obr. 5. Pro vyšší výkony se stává problematická hlavní spojka a synchronizační spojky hlavní převodovky. Vyznačuje se jednoduchostí, ale ztráty vznikající při přenosu jsou značné. [3]



Obr. 5 Schéma mechanického přenosu výkonu. [vlastní]

Mezi nejvíce používanou mechanickou předlohou převodovky patří čtyřstupňová převodovka Mylius, (lokomotiva T211) uvedená na Obr. 6. Ovládání této převodovky může být prováděno několika způsoby, pneumatickými, hydraulickými nebo elektrickými prvky. [8]



Obr. 6 Schéma mechanické 4 - stupňové předlohou převodovky typu Mylius. [8]

1 – kotouč kloubu, 3 – vstupní hřídel, 4 – kotouč s vnějším drážkováním, 5 – spojka, 6 – zpruhy, 7 – lamela vnější, 9 – kotouč, 10 – pevný kotouč, 11 – ozubené soukolí, 12 až 21 – ozubená kola, 22 – synchronizační spojka, 23 – zubová spojka, 24 – předlohou hřídel, 25 – druhý předlohou hřídel, 26 – hřídel, 27 – hřídel, 28 – pevné kolo, 29 – volné kolo, 30 – zubatá spojka, 31 – kolo, 32 – kolo výstupního hřídele, 33 – kloubové hřídele, 34 až 39 předvolící mechanismus, 40 – ovládací vzduchový válec, 41 až 43 výkonný pravítkový mechanismus.

2 EMISNÍ PŘEDPISY EURO I – V

Spalovací motory, jsou převážně založeny na spalování uhlovodíkových paliv pocházející z ropy. Při spalování těchto paliv se do ovzduší uvolňují emise, především CO₂. Stejně tak se uvolňují emise karcinogenních látek tvořených nespálenými uhlovodíky a prachovými částicemi. Možnosti jak snižovat emise spalovacích motorů jsou zpravidla dvě, a to snížení spotřeby paliva a zkvalitnění procesu spalování. [9]

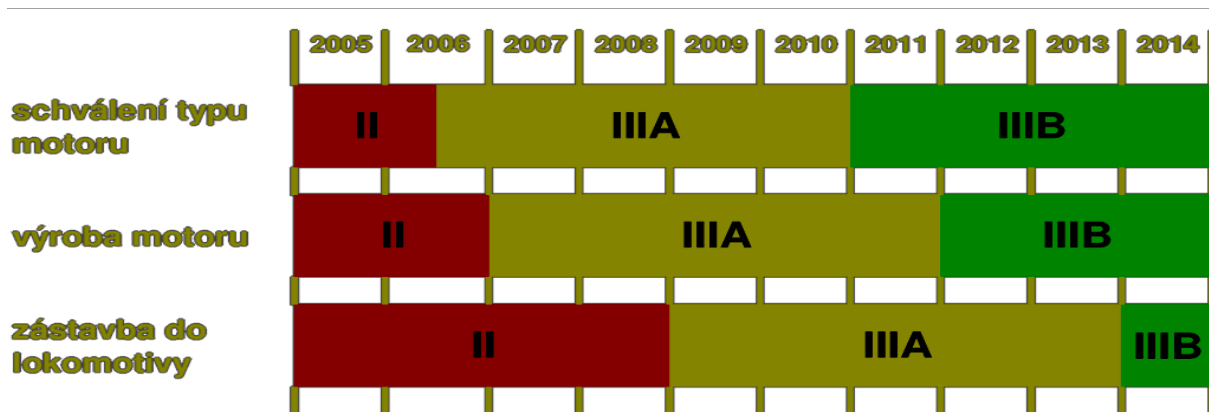
Analýza současného stavu harmonizace legislativy z oblasti životního prostředí a dopravy v České republice se směrnicemi Evropské unie je prováděna v následujících oblastech:

- Limity pro paliva
- Požadavky na výfukové emise
- Požadavky na kvalitu ovzduší – limity imisí
- Požadavky na hlukovou zátěž a vibrace

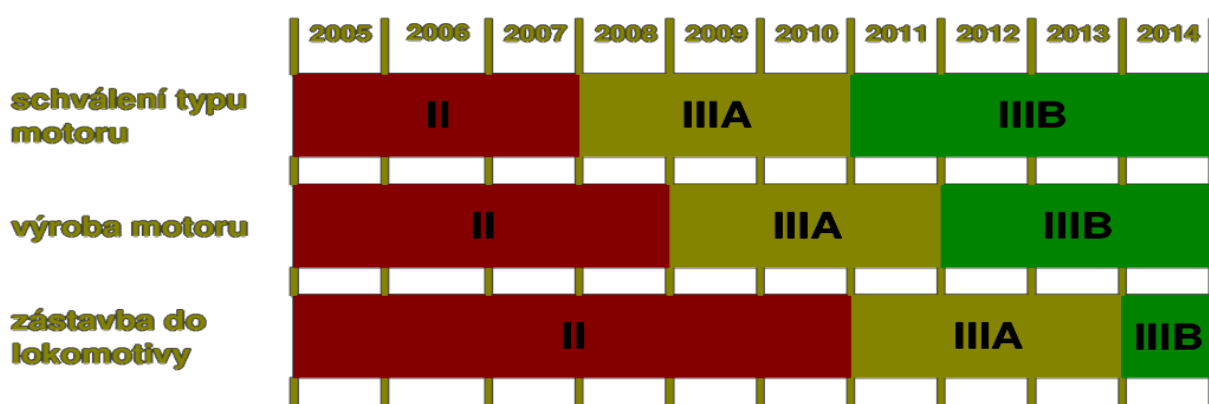
2.1 Emisní limity pro lokomotivy

Motory drážních vozidel se dle vyhlášky 209 z 5. května 2006 dělí podle výkonu motoru a stupně emisních vlastností do následujících kategorií (Označení limitů např. IIIA odpovídá označení emisních hodnot označovaných jako EU STAGE IIIA):

- a) RC A, do které patří motory motorových vozů s výkonem větším než 130 kW se stupněm emisních vlastností III A,
- b) RC B, do které patří motory motorových vozů s výkonem větším než 130 kW se stupněm emisních vlastností III B,
- c) R B, do které patří motory lokomotiv s výkonem větším než 130 kW se stupněm emisních vlastností III B,
- d) RL A, do které patří motory lokomotiv s výkonem větším nebo rovným 130 kW a menším nebo rovným 560 kW se stupněm emisních vlastností III A,
- e) RH A, do které patří motory lokomotiv s výkonem větším než 560 kW se stupněm emisních vlastností III A.[10]



Obr. 7 Zavádění emisních limitů EU pro motory do 560 kW. [10]



Obr. 8 Zavádění emisních limitů EU pro motory nad 560 kW. [10]

Tyto limity vstupují postupně v platnost ve stupních a s časovým odstupem. Jak znázorňuje Obr. 7 a 8. Vyhláška stanovuje také „přechodné období“ a to především z důvodu možnosti technické a technologické přípravy výrobců spalovacích motorů protože nutnost plnění zpřísnujících se limitů vyžaduje zavedení technických vylepšení a v některých případech také významných konstrukčních změn na spalovacím motoru. Významným, ale dočasným zmírněním je také možnost využití časového období mezi výrobou a montáží spalovacího motoru, přestože již běží období platnosti přísnějšího limitu. [10]

Vzhledem k tomu, že výroba spalovacích motorů a výroba lokomotiv je dlouhodobý proces, kdy spalovací motory jsou vyráběny s výrazným časovým předstihem, jedná se především o ekonomický ústupek z důvodu možnosti využití již vyrobených spalovacích motorů a omezení ekonomických ztrát. [10]

2.2 Další zpřísnění – EU Stage IIIB

Od roku 2014 budou moci být do lokomotiv zastavovány pouze motory splňující limity dle EU Stage IIIB. Tato emisní třída oproti EU Stage IIIA dále omezuje obsah pevných částic ve výfukových plynech. Předpokládá se tedy nasazení částicových filtrů, které nahradí současné tlumiče výfuku.

Vyhláška MD 209/2006 Sb., o požadavcích na přípustné emise znečišťujících látek ve výfukových plynech spalovacího motoru hnacího motoru drážního vozidla, je dokumentem který nejenom stanovuje požadavky emise spalovacích motorů, ale je především vodítkem na postup schvalování spalovacího motoru.

Postup schvalování řeší jednotlivé přílohy vyhlášky, kterými je stanoveno, jakým způsobem je třeba k provedení zkoušky pro schválení připravit průvodní dokumentaci s informacemi o zkoušeném spalovacím motoru. Dále stanovuje postup měření a zkušební cykly, analytické systémy a systémy pro odběr vzorků. Nakonec je také stanoven obsah zkušebního protokolu. Součástí je také systém číslování schválených typů motorů a v příloze vyhlášky je uveden vzor osvědčení o schválení typu nebo konstrukční řady motorů.

Typem motoru se rozumí, v duchu této vyhlášky, motor drážního vozidla nelišící se v podstatných charakteristických vlastnostech od motorů shodné kategorie a třídy téhož výrobce.

Konstrukční řadou motorů je výrobcem stanovená skupina jím vyráběných motorů drážních vozidel, které mají svou konstrukcí dané podobné vlastnosti z hlediska emisí znečišťujících látek ve výfukových plynech. Technické požadavky pro určení konstrukční řady motorů jsou uvedeny v příloze vyhlášky,

Základním motorem je motor drážního vozidla vybraný z konstrukční řady motorů, který tuto řadu reprezentuje; technické požadavky pro určení základního motoru jsou uvedeny v příloze vyhlášky.

Přílohou vyhlášky jsou stanoveny také základní hodnoty emisních vlastností, viz

Tab. 4 a Tab. 5.

Tab. 4 Stupeň emisních vlastností III.A motoru drážního vozidla. [10]

Motory určené k pohonu	Kategorie: netto výkon	Oxid uhelnatý	Součet uhlovodíků a oxidů dusíku		Částice
	(<i>P</i>) (kW)	(CO) (g/kWh)	(HC + NO _x) (g/kWh)		(PT) (g/kWh)
Lokomotiv	RL A: $130 \leq P \leq 560$	3,5	4,0		0,2
		Oxid uhelnatý (CO) (g/kWh)	Uhlovodíky (HC) (g/kWh)	Oxidy dusíku (NO _x) (g/kWh)	Částice (PT) (g/kWh)
	RH A: $P > 560$	3,5	0,5	6,0	0,2
	RH A: motory s $P > 2\,000$ kW a objemem válce $> 5\,000$ cm ³ /válec	3,5	0,4	7,4	0,2
Motorové vozy	RC A: $130 < P$	3,5	4,0		0,2

Tab. 5 Stupeň emisních vlastností III.B motoru drážního vozidla. [10]

Motory určené k pohonu:	Kategorie: netto výkon	Oxid uhelnatý	Uhlovodíky	Oxidy dusíku	Částice
	(<i>P</i>) (kW)	(CO) (g/kWh)	(HC) (g/kWh)	(NO _x) (g/kWh)	(PT) (g/kWh)
Motorové vozy	RC B: $130 < P$	3,5	0,19	2,0	0,025
Lokomotivy	R B: $130 < P$	3,5	4,0		0,025

Vyhláška MD 209/2006 Sb., o požadavcích na přípustné emise znečišťujících látek ve výfukových plynech spalovacího motoru hnacího motoru drážního vozidla, se odkazuje na Směrnici Rady Evropy 97/68/ES, která byla novelizována směrnicí 2004/26/ES. [11]

2.3 Normy pohonných hmot

Obsahy maximálně přípustných škodlivin v pohonných hmotách jsou taktéž normativně určeny (viz Tab. 6 a Tab. 7).

Tab. 6 Předpisy Evropské unie týkající se dopravy a životního prostředí – Naftové pohonné hmoty. [13]

Maximální obsah	Jednotka	Od 01.01.2000	Od 01.01.2005
Síry	Mg.kg ⁻¹	350	50
Polyaromatických uhlovodíků	% obj.	11	11
Cetanových čísel	-	51	51

V říjnu 1998 schválil Evropský parlament a Rada Směrnici 98/70/EC, ve které s platností od 1.1.2000 zavedli přísnější kritéria, než uváděla starší norma pro motorová paliva EN 228/1998. Platná direktiva byla následně revidována Směrnicí komise 2000/71/EC která je v účinnosti od 1.1.2005. Tyto normy jsou následně doplněny směrnicemi 2003/17/EC týkajícími se bez-sírných paliv a 2003/30/EC, která hovoří o užití biopaliv v dopravě. Tyto poslední směrnice jsou již v platnosti, ovšem jejich plnění je neúplné. [13]

Tab. 7 Předpisy Evropské unie týkající se dopravy a životního prostředí – Benzinové pohonné hmoty. [13]

Maximální obsah	Jednotka	Od 01.01.2000	Od 01.01.2005
Síry	Mg.kg ⁻¹	150	50
Benzenu	% obj.	1,0	1,0
Aromatických uhlovodíků	% obj.	42	35
Olefinu	% obj.	18	18
Kyslíku	% obj.	2,7	2,7
Olova	g.l ⁻¹	0,005	0,005

2.4 Limity emisí ve výfukových plynech

V dnešní době jsou emise výfukových plynů asi nejsledovanější škodlivinou vznikající v důsledku provozu spalovacích motorů.

Tab. 8 Emisní limity EURO I-V. [13]

Směr. EU	88/77/ES	91/542/ES		99/96/EC			
Polutant	EURO 0 Od 1988/90	EURO 1 Od 1992/93	EURO 2 Od 1995/96	EURO 3 Od 2000/01		EURO 4 Od 2005	EURO 5 Od 2008
CO	12,3	4,9	4,0	2,1	5,45	4,0	4,0
HC	2,6	1,23	1,1	0,66	0,78	0,55	0,55
Metan	-	-	-	-	1,6	1,1	1,1
NO _x	15,8	9,0	7,0	5,0	5,0	3,5	2,0
Částice	-	0,4/0,68	0,15	0,1/0,13	0,16/ 0,21	0,03	0,03
Zákal	-	-	-	0,8m ⁻¹	-	0,5m ⁻¹	0,5m ⁻¹
Jízdní test	13 - ti úrovňový	13 - ti úrovňový	13 - ti úrovňový	ELR test	ETC test		

Tab. 9 Normy emisních limitů. [12]

Rok/norma		CO (g/km)		NO _x (g/km)		HC + NO _x (g/km)		HC (g/km)	PČ (g/km)
1992	I	3,16	3,16	-	-	1,13	1,13	-	0,18
1996	II	2,20	1,00	-	-	0,50	0,70*	-	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	-	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	-	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	-	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	-	0,17	0,10	0,005

I jejich hodnoty jsou normativně nařízeny a jejich nesplnění vede k zákazu uvedení daného vozidla na trh. K platným předpisům Evropské hospodářské komise 24, 49 a 83 vydává Evropská unie ekvivalentní předpisy, pro plnění emisních limitů, známé pod označení EURO. Trend a ekologické smýšlení moderní společnosti je zřejmé z Tab. 8, která udává hodnoty v gramech na jednu kWh. [13]

Pro různá kolejová vozidla (lokomotivy, kolejové vozy) v kategoriích do a nad 560 kW jmenovitého výkonu se zavádějí emisní limity podle směrnice Evropské unie 2004/26/EC. Tyto limity vstupují postupně v platnost ve stupních II, III A, III B.

Euro VI: V roce 2009 vstoupí v platnost Euro 5 a od září 2014 nastoupí Euro 6.

2.5 Obsah emisí

Oxid uhelnatý (CO) – blokuje přenos kyslíku krví, je produkován ve vysokém množství, nemá v běžných koncentracích výrazný negativní vliv na lidské zdraví. Pomocí třícestných katalyzátorů je měněn na CO₂.

Oxidy dusíku (NO_x) – některé z nich způsobují jít při malých koncentracích pocit duše-ní a nucení ke kašli, zvyšují pravděpodobnost onemocnění dýchacích cest. Lze je výrazně redukovat katalyzátory. Zdravotně jsou značně škodlivé. Jsou velmi citlivé na rychlou jízdu, relativně málo na kongesce.

Uhlovodíky (HC) – některé skupiny uhlovodíků dráždí sliznici a oči, některé skupiny uhlovodíků mohou být karcinogenní, skupina desítek uhlovodíků od zcela zdravotně ne-škodných po prokázané karcinogeny. Jejich množství lze účinně snižovat pomocí třícestných katalyzátorů. Jejich produkce je výrazně citlivá na kongesce dopravy.

Oxid uhličitý (CO₂) – sice přímo neškodí zdraví člověka, ale přispívá k tvorbě skleníkového efektu, který má za následek klimatické změny na Zemi. Není snižován katalyzátory, ale je přímo úměrný spotřebě paliva. Hlavní efekt pro jeho snižování je postupné minimalizování spotřeby paliv novými vozidly.

Oxid siřičitý (SO₂) – vstřebává se v horních cestách dýchacích.

Přízemní ozón (O₃) – chemickými reakcemi výfukových plynů za účasti slunečního záření vzniká fotochemický smog, který kromě dalších škodlivých látek obsahuje i ozón – ten je pro člověka jedovatý a např. snižuje schopnost plic vykonávat normální funkce.

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) – mnohé z nich jsou mutagenní a karcinogenní (rakovinotvorné).

Aldehydy – jsou vstřebávány v dýchacím a trávicím ústrojí, dráždí oči, sliznice, způsobují poruchy dýchání, kašel, nevolnost, astma, kožní alergie, zvyšují riziko rakoviny a leukémie.

Olovo (Pb) – olovnatý benzín byl v ČR od 1. 1. 2001 zakázán; olovo v emisích automobilů předtím desítky let způsobovalo především poškození mozku u dětí včetně poklesu jejich inteligence.

Prachové částice (PM) – často značen podle frakcí jako PM10 nebo PM2,5. Z hlediska ohrožení lidského zdraví tvoří největší riziko. Je výrazně více produkován dieselvými motory oproti benzínovým. Jde o malé částice různých látek, které jsou tak lehké, že trvá velmi dlouhou dobu, než se usadí na povrchu. Kvůli této vlastnosti se vžil pojem „Polétavý prach“.

Výše uvedené údaje jsou převzaty z literatury [14].

2.6 Emise motorových lokomotiv

Emise vzorku motorových lokomotiv podle typu spalovacího motoru jsou uvedeny v Tab. 11 a časové využití jízdnicích stupňů v Tab. 10.

Tab. 10 Časové využití jízdnicích stupňů. [15]

Druh provozu	Časové využití jízdnicích stupňů (%)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Osobní vlak	54,3	2,1	2,2	3,6	4,6	6,8	7,2	4,9	14,3
Rychlík	42,3	1,4	2,1	2,3	4,1	5,8	8,3	10,0	23,5
Nákladní vlak	52,5	0,2	1,1	1,9	3,2	4,1	6,3	7,6	23,1
Posun	63,7	11,8	8,6	5,5	4,2	3,1	1,7	0,8	0,6

Tab. 11 Emise vzorku motorových lokomotiv. [15]

Typ spalovacího motoru	Řada HV	Proběh od poslední periodické opravy (km)			Hodnota emisí (g.kWh ⁻¹)			
		Min.	Max.	Průměr	CO		NO _x	
					Min.	Max.	Min.	Max.
K 6 S 310 DR	749;751	3 770	309 497	140 626	3,37	5,29	15,17	15,71
K12 V 230 DR	750;753	18 659	464 000	177 531	8,86	8,86	19,51	19,51
K 6 S 230 DR	742	3 460	31 393	141 447	5,37	6,95	13,95	15,34

2.7 Emisní limity pro motory CATERPILLAR

Firma CATERPILLAR vyvinula pro své nejnovější motory řady CX novou technologii pro snížení emisních limitů a to systém ACERT (Advanced Combustion Emissions Reduction Technology).

Snížení emisí se podařilo pomocí úprav v několika oblastech [16]:

- Úpravou a modernizací řídicích jednotek - ADEM A4 (32 bitový procesor) a ADEM A4E2 pro motory C4,4 a C6,6
- Vstřikovací systém:
 - a) CCR u motorů C4,4 a C6,6
 - b) HEUI u motorů C2 a C9
 - c) MEUI u ostatních motorů
 - d) nové vstřikovací jednotky s přesnějším dávkováním paliva
- Plnicí vzduch a výfukové plyny:
 - a) zlepšení průtoku vzduchu v plnicím potrubí
 - b) čtyři ventily na válec
 - c) snížením teploty nasávaného vzduchu 49 °C
 - d) regulace průtoků zplodin
- Systémem spalování:
 - a) materiál pístů
 - b) opracování plochy pístu
 - c) zvýšením kompresního poměru 18:1

2.8 Emisní limity motorů TATRA

Tatra plnila předpisy EURO vždy, bez větších problémů. Předpis EURO I-III byly řešeny zejména optimalizací spalovacího procesu motorů ať už doplněním motorů turbodmychadly, použitím nových vstřikovacích čerpadel a trysek až po optimalizaci sacích a výfukových kanálů i ventilů. Motory TATRA jsou v této práci uvedeny pro úplnost, v dnešní době se v podstatě nepoužívají.

Pro splnění předpisu EURO (motory T3D-20,30) EURO 5 (motory T3D-TM) byla již nutnost doplnit motor o přídatné zařízení, které by upravovalo výfukové plyny na stanovenou mez. V současné době existují zejména dvě nejvíce využívané

metody a to systém EGR (recirkulace výfukových plynů) nebo SCR (selektivní katalytická redukce). [17]

Tatra se vydala cestou SCR, při zachování koncepce motoru jako při EURO 3 a optimalizací spalovacího procesu na snížení emisí pevných částic, ale tím zvýšení emisí oxidu dusíku, které se následně eliminují pomocí SCR. Požadované snížení pevných částic v emisích se dosáhlo sladěním geometrie spalovacího prostoru parametru sacího kanálu, vstřikovací trysky a také práce turbodmychadla. Snížení emisí oxidu dusíku se dosáhlo vřazení katalyzátoru do výfukové soustavy. [17]

Katalyzátor pro svoji funkci ovšem vyžaduje redukční činidlo, s toho důvodu je motor doplněn o systém SCR, který využívá jako redukční činidlo technickou kapalinu známou pod názvem AD BLUE.

Hlavní části systému SCR [17]:

- Dávkovací jednotka AD BLUE (UDS)
- Nádrž AD BLUE (66litrů)
- Tryska pro vstřik směsi AD BLUE se vzduchem
- Snímač oxidu dusíku před katalyzátorem
- Katalyzátor
- Snímač množství vzduch MAF
- Snímač oxidu dusíku za katalyzátorem
- Snímač teploty za katalyzátorem
- Snímač teploty před katalyzátorem
- Snímač hladiny a sání z nádrže

3 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ ČKD

ČKD byla jedna z nejdůležitějších českých značek strojírenského průmyslu, která vznikla v roce 1927 spojením s První českomoravskou továrnou na stroje Breitfeld-Daněk v Praze. U jejího zrodu stál podnikatel a vědec Emil Kolben, který byl společně s Nikolou Teslou a Thomasem Alvou Edisonem jedním z průkopníků celosvětového rozvoje elektrotechniky. Po druhé světové válce prošla ČKD velkými změnami. Výrobním artiklem se staly polovodičové usměrňovače, kompresory, jeřáby, autojeřáby, motorové lokomotivy a v neposlední řadě i tramvaje. Před rokem 1989 bylo ČKD největším výrobcem tramvají na světě. Po roce 1989 došlo k poklesu zakázek až k postupnému útlumu výroby. [18].

Mezi nejdůležitější podniky, které se zabývají opravami a rekonstrukcemi železničních vozidel patří Pars nova Šumperk člen skupiny TRANSPORTATION akciové společnosti ŠKODA HOLDING a CZ LOKO, a.s. Česká Třebová, tato společnost působí na trhu kolejových vozidel již přes 160 let a patří k nejdůležitější podniky středoevropského železničního strojírenství. Její historie se začala psát v roce 1849, kdy byl zahájen provoz opravy parních lokomotiv a železničních vozidel na trati Česká Třebová – Brno. V roce 1992 proběhla privatizace této opravy a v roce 2006 došlo k přejmenování opravy na CZ LOKO, a.s. a k registraci ochranné známky CZ LOKO. V současné době se firma zabývá jak opravami, tak i vývojem a modernizací železničních vozidel.

3.1 Motor 12 V 170 DR

Používá se k pohonu kolejových motorových vozidel a lokomotiv s hydraulickým nebo elektrickým přenosem. Naftový motor 12 V 170 DR pohání hydraulickou převodovku, se kterou je spojený pružnou spojkou. Řemenicemi na přední straně motoru je poháněna dvojice kompresorů W 115/80. [19]

Tímto motorem jsou osazeny lokomotivy řad 710 (T334.0), 705.9 a motorové vozy řady 830 (M262.0).



Obr. 9 Uspořádání válců v motoru 12 V 170 DR. [19]

Jedná se o dvanáctiválcový, rychloběžný, naftový, čtyřdobý, vodou chlazený motor s přímým vstřikováním paliva. Dvanáct válců je uspořádáno ve dvou řadách po šesti válcích. Řady mezi sebou svírají úhel 50° (jsou ve tvaru V), jak je znázorněno na Obr. 9. Základní technické parametry motoru jsou uvedeny v Tab. 12.

Tab. 12 Základní technické parametry motoru 12 V 170 DR. [3], [20]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Objem spalovacího motoru	l	52,6
Vrtání	mm	170
Zdvih	mm	190
Otáčky SM – volnoběžné	min ⁻¹	650
Otáčky SM – jmenovité	min ⁻¹	1400
Kompresní poměr	-	1:16
Kompresní tlak	kg.cm ⁻²	38 – 42
Spalovací tlak	kg.cm ⁻²	74 – 80
Trvalý výkon SM	kW	301

Podrobnější technické parametry tohoto motoru jsou uvedeny v Příloze č. 1 spolu s motorem K 12 V 170 DR. Na Obr. 10 je fotografie zmíněné lokomotivy řady 710 a motorového vozu 830.



Obr. 10 Fotografie vozů zleva doprava: 710 (T334.0), 830 (M262.0). [21]

3.2 Motor K 12 V 170 DR

Tento typ motoru je používán v několika řadách motorových lokomotiv i motorových vozů. Poprvé se začaly instalovat do lokomotiv vyrobených ještě v tehdejším Československu, kdy po roce 1959 bylo potřeba nahradit stávající parní lokomotivy (vyrobené ještě před 2. světovou válkou) novými.

Základní technické parametry motoru jsou uvedeny v Tab. 13. Podrobnější technické parametry jsou uvedeny v Příloze č. 1.

Tab. 13 Základní technické parametry motoru ČKD K 12 V 170 DR. [3], [21]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Objem spalovacího motoru	l	52,6
Vrtání	mm	170
Zdvih	mm	190
Otáčky SM – volnoběžné	min ⁻¹	650
Otáčky SM – jmenovité	min ⁻¹	1400
Kompresní poměr	-	1:13,4
Kompresní tlak	kg.cm ⁻²	58
Spalovací tlak	kg.cm ⁻²	88
Výkon/Přetlak kompresoru	m ³ .h	120
Trvalý výkon SM	kW	515
Měrná spotřeba	g.kWh ⁻¹	237

Tento motor se nejvíce používá u lokomotiv řady 726 (T444.1). V určitých modifikacích se tento typ motoru používá ještě u lokomotiv řady 705.9 (TU47.0), 710 (T334.0), 753 a 750 (T478.3), 754 (T478.4), 759 (T499.0) a motorových vozů řad 830 (M262.0) a 852 (M296.2). Fotografie vozu 726 je uvedena na Obr. 11.

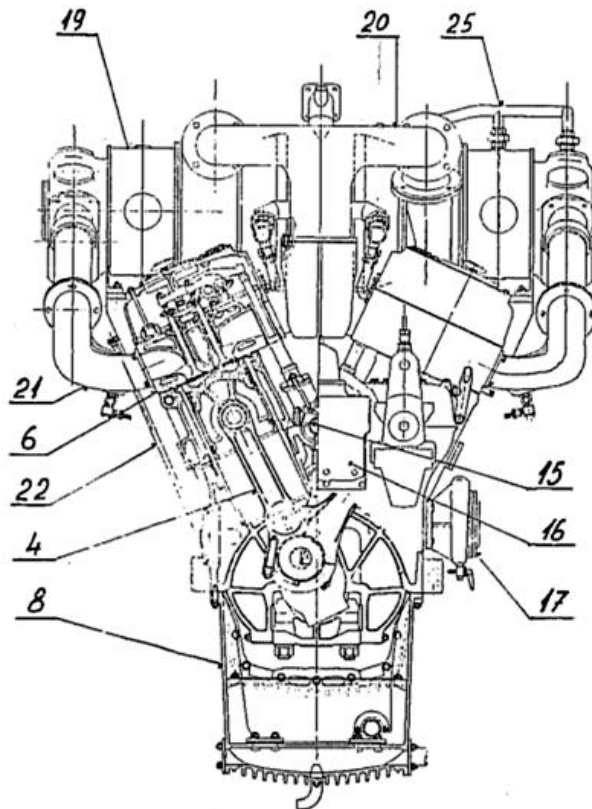
Motor se ukládá se do motorového lože na patky motorové skříně. Na zadní straně motoru na přírubě klikového hřídele je namontována pružná spojka Holzet, která slouží ke spojení s hydrodynamickou převodovkou. [19]

Část výkonu je odebírána pro pohon dvou kompresorů (každý je na jedné straně motoru).



Obr. 11 Fotografie vozu 726. [21]

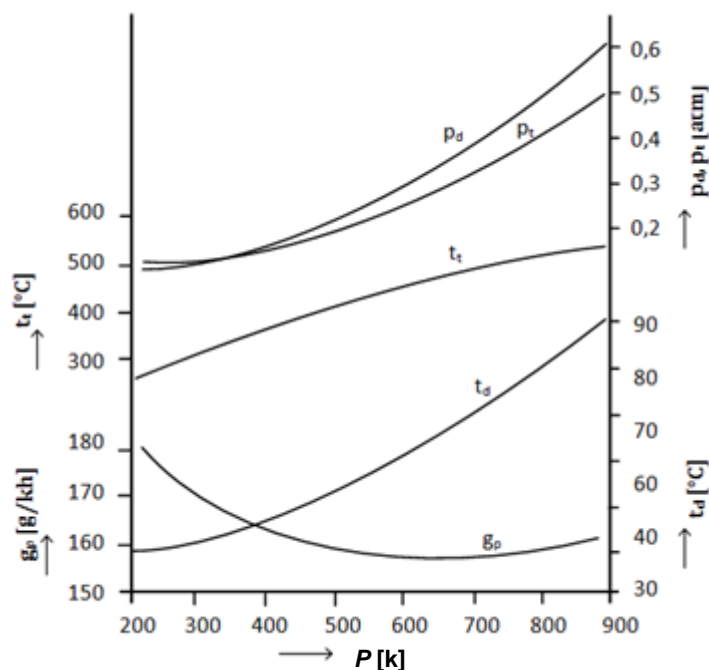
Na Obr. 12 je znázorněn řez motorem K 12 V 170 DR spolu s popisky. Komentáře k jednotlivým součástím motoru jsou uvedeny v Příloze č. 2.



Obr. 12 Řez motorem K 12 V 170 DR. [22]

4 – ojnice hlavní a vedlejší, 6 – hlava válce s horním rozvodem, 8 – olejová vana, 15 – dolní rozvod (vačkový hřídel, zvedáky ventilů, kryt zvedáků, atd.), 16 – regulátor, 17 – vodní odstředivé čerpadlo, 19 – plnicí turbodmychadlo, 20 – plnicí vzduchové potrubí, 21 – výfukové potrubí, 22 – olejoznak, 25 – odvod chladicí vody z turbodmychadla

V Graf 5 jsou uvedeny jednotlivé charakteristiky motoru K 12 V 170 DR, jako je měrná spotřeba paliva, střední teplota výfukových plynů před turbínou a plnicího vzduchu za dmýchadlem, střední přetlak výfukových plynů před turbínou a plnicího vzduchu za dmýchadlem v závislosti na výkonu motoru. Všechny charakteristiky jsou vykresleny při otáčkách $n = 1\,470 \text{ min}^{-1}$.



Graf 5 Charakteristika motoru K 12 V 170 DR při $n = 1\,470\text{ min}^{-1}$. [23]

g_p [p/kh] - měrná spotřeba paliva, t_t [°C] - střední teplota výfukových plynů před turbínou, t_d [°C] - střední teplota plnicího vzduchu za dmýchadlem, p_t [atm] - střední přetlak výfukových plynů před turbínou, p_d [atm] - střední přetlak plnicího vzduchu za dmýchadlem, P [k] - výkon motoru

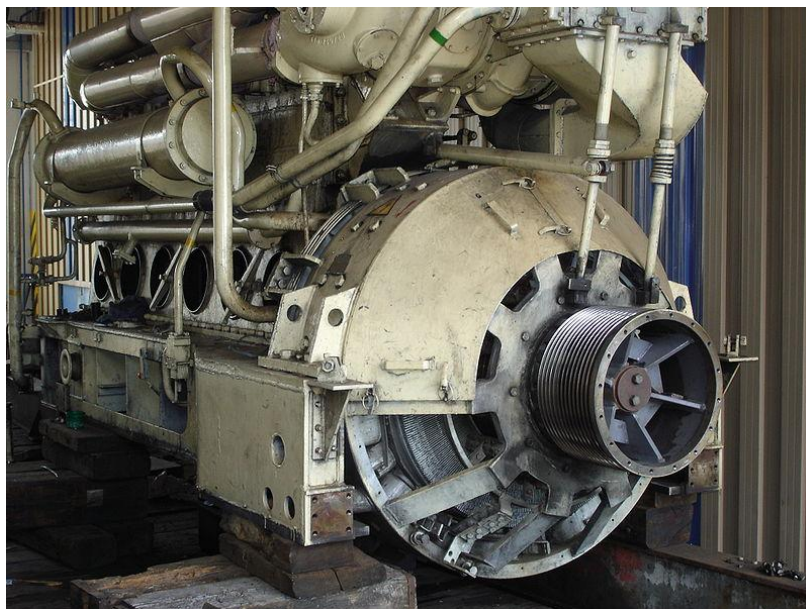
3.3 Motor K 6 S 310 DR

Tento pomaloběžný čtyřdobý řadový šestiválec je instalován v lokomotivách řad 751 (T478.1), 752 a 770. Je přeplňován turbodmychadlem PDH 50 V. Základní technické parametry tohoto typu motoru pro jednotlivé řady jsou uvedeny v Tab. 14.

Tab. 14 Základní technické parametry motoru ČKD K 6 S 310 DR. [21]

Parametr	Jednotka	751, 749, T478.1	752	770, 771, T669.0,1
Objem spalovacího motoru	l	163,21		
Vrtání	mm	310		
Zdvih	mm	360		
Max. otáčky	min^{-1}	820		
Zásoba paliva	l	3000		6000
Trvalý výkon SM	kW	1102	1213	993

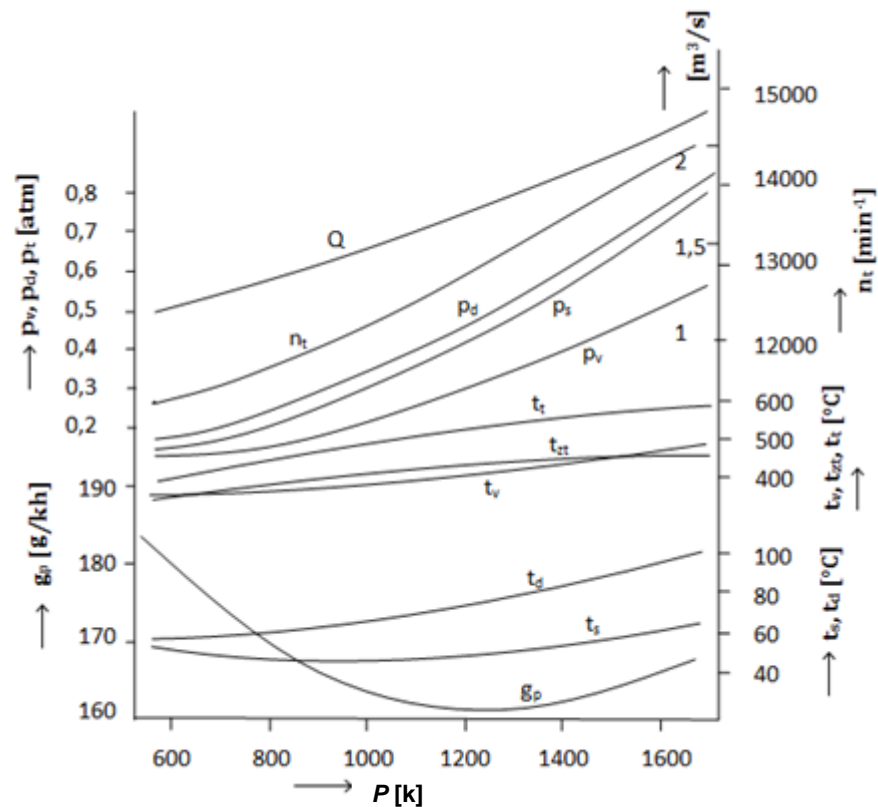
Lokomotivy se začaly tímto motorem osazovat v průběhu šedesátých let, kdy byl v plném proudu proces změny trakce parní na elektrickou a motorovou. Obrázek motoru K 6 S 310 DR je uveden na Obr. 13. V Graf 6 jsou uvedeny charakteristiky tohoto motoru. Na Obr. 14 jsou po řadě znázorněny fotografie lokomotiv 751, 749 a 771.



Obr. 13 Spalovací motor K 6 S 310 DR. [25]



Obr. 14 Fotografie vozů zleva doprava: 751, 749 a 771. [21]



Graf 6 Charakteristika motoru K 6 S 310 DR při $n = 760 \text{ min}^{-1}$. [23]

g_p [p/kh] - měrná spotřeba paliva, p_d [atm] - střední přetlak plnicího vzduchu za dmychadlem, p_s [atm] - přetlak plnicího vzduchu v plnicím potrubí, P [k] - výkon motoru, t_d [°C] - střední teplota plnicího vzduchu za dmychadlem, t_s [°C] - teplota plnicího vzduchu za mezichladičem, t_{zt} [°C] - teplota výfukových plynů za turbodmychadlem, t_v [°C] - střední teplota výfukových plynů za válci motoru, t_t [°C] - střední teplota výfukových plynů před turbínou, Q [m³/s] - objem vzduchu nasávaný dmychadlem, n_t [min⁻¹] - otáčky turbodmychadla

3.4 Motor K 12 V 230 DR

Jde o dvanáctiválec s válci uspořádanými do „V“ pod úhlem 45°. Je vodou chlazený, s vysokotlakým přeplňováním doplněným mezichladičem plnicího vzduchu. Technické parametry motory jsou uvedeny v Tab. 15.

Je seřízen na jmenovitý výkon 1 800 k při otáčkách 1 100 min⁻¹. Ke zvýšení výkonu jsou poříta dvě vysokotlaká turbodmychadla, uložená nad motorem. Kompresor turbodmychadla dodává plnicí vzduch přes mezichladič do plnicího potrubí na vnější straně motoru a odtud do jednotlivých válců. Motor je opatřen hydromechanickým výkonostním regulátorem. [7]

Tab. 15 Základní technické parametry motoru ČKD K 12 V 230 DR. [21]

Parametr	Jednotka	753	754	759
Objem spalovacího motoru	l	129,36		140
Vrtání	mm	230		
Zdvih	mm	260		
Jmenovité otáčky	min ⁻¹	1 100		1 150
Trvalý výkon SM	kW	1 325	1 460	1 771

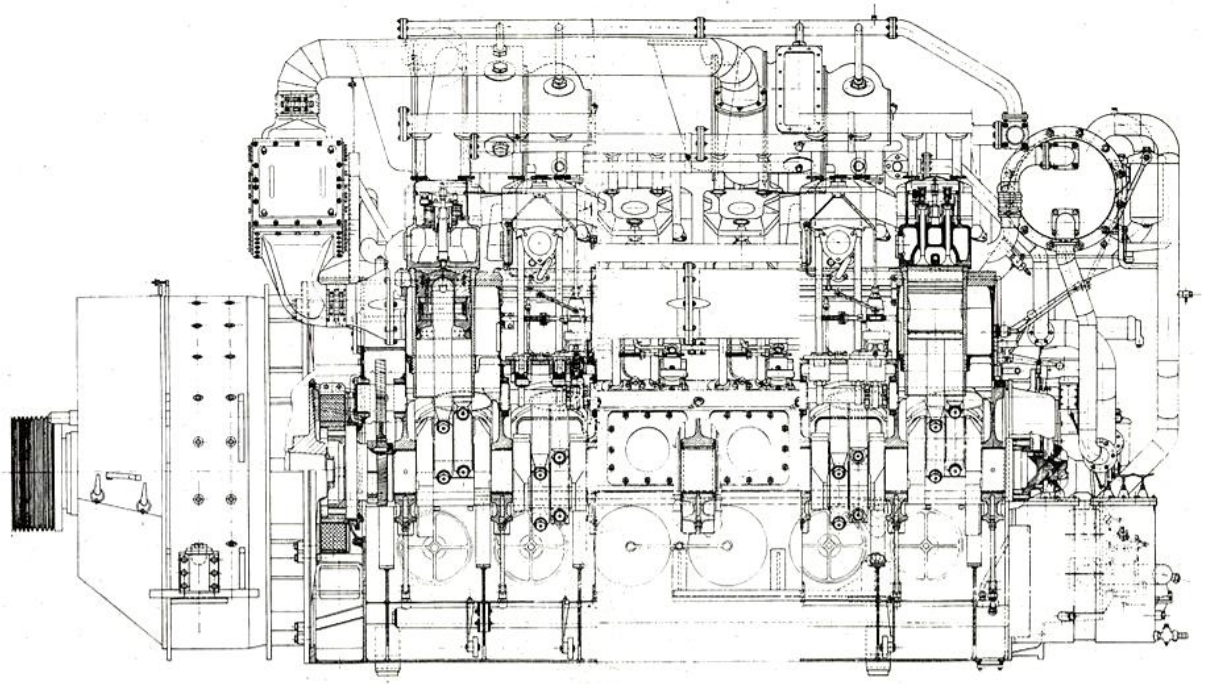


Obr. 15 Fotografie vozů zleva doprava: 750, 753 a 754. [21]



Obr. 16 Spalovací motor K 12 V 230 DR. [3]

Agregát je využíván především u lokomotiv řad 750, 753, 754 a 759. Fotografie lokomotiv jsou uvedeny na Obr. 15 a na Obr. 16 fotografie motoru. Podélný řez motorem je znázorněn na Obr. 17.



Obr. 17 Podélný řez motorem K 12 V 230 DR. [3]

4 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ TEDOM A LIAZ

Historie společnosti LIAZ [24]

Národní podnik LIAZ oficiálně vznikl k 1.1.1953 (za faktické datum vzniku se však považuje již rok 1951). V roce 1954 byl podnik zrušen a vznikly tři stejnojmenné závody, což působilo velké potíže především v řízení výroby, vývoje, prodeji, apod. Proto v roce 1958 opět vznikl jednotný podnik LIAZ, ke kterému byla přiřazena Slévárna v Liberci, která bývala součástí automobilky Laurin & Klement. Tehdy výrobky Liaz používaly až do roku 1984 vedle označení Liaz také značku Škoda.

K významné změně ve vedení podniku došlo v r.1995, kdy 52,4% akcií dosud v držení českého státu získala Škoda Plzeň a.s. a název společnosti se změnil na Škoda Liaz a.s.. Perspektivy, přednesené tímto novým majoritním vlastníkem na první valné hromadě v září 1995, byly akcionáři přijaty se sympatiemi - zdály se být promyšlené a reálné. Bohužel v následujících letech 1996, 1997 a 1998 nebyly vytýčené úkoly a cíle splněny a ani se jim nepřiblížily.

Prodejnost Liazů tedy prudce klesala. Konkurence ze západní Evropy si upevňovala pozice, které Liazy pomalu opouštěly, protože nebyli plně konkurenceschopné. Východiskem měla být v roce 1996 představená nová řada 400, ta ale přišla pozdě. Situaci nezachránil už ani Fox, poslední model z produkce Liazu.

Společnost TEDOM

V květnu roku 2003 zakoupila společnost Tedom (spojení slov Teplo domova) areál společnosti Jamot (Jablonecká motorárna), který dříve patřil podniku Liaz, kde vyráběl své motory. Prodej se týkal i technické dokumentace a know-how (souhrn výrobních a obchodních znalostí) výroby různých spalovacích motorů včetně vozidlových. Tam pak Tedom v produkci a vývoji motorů pokračoval se speciálním zaměřením na plynové pohony. Firma s touto aktivitou nepřestala a výroba motorů pod značkou Tedom zde pokračuje dosud. [24]

TEDOM vyrábí motory do mnoha odvětví průmyslu. Pro cíle této práce jsou zajímavé především motory vozidlové. Kromě využití pro železniční motorové vozy jsou používány i pro nákladní automobily, autobusy, říční a pobřežní lodě, zemědělské

a stavební stroje. Tyto motory lze využít jako plnohodnotnou náhradu za motory LIAZ při opravách a přestavbách vozů. [26]

Výhodou těchto motorů je [27]:

- Dlouhá životnost daná ověřenou konstrukcí
- Nízké provozní náklady, snadná údržba
- Kvalitní a cenově výhodné originální náhradní díly

Tyto motory jsou používány nejen v osobní dopravě v motorových vozech řady 810 a 842, 843, ale také v posunovacích a vlečkových lokomotivách menších výkonů. Všechny motory TEDOM jsou k dispozici ve vertikálním i horizontálním provedení, vhodném pro instalaci pod podlahu vozidla. [27]

4.1 Motory TEDOM řady TRAIN

Dieselové drážní motory řady TRAIN jsou k dispozici ve výkonech 242, 265 a 310 kW, technické specifikace jsou uvedeny v Tab. 16. Na Obr. 18 je znázorněna fotografie tohoto motoru.

Tab. 16 Technické specifikace motorů TEDOM řady TRAIN. [27]

Motor	Zdvihový objem [l]	Vrtání [mm]	Zdvih [mm]	Jmenovitý výkon [kW]	Jmenovité otáčky [min ⁻¹]	Max. točivý moment [N.m]
TRAIN 242	11,946	130	150	242	1950	1600
TRAIN 265				265		
TRAIN 310				310		



Obr. 18 Fotografie motoru TEDOM řady TRAIN. [27]

4.2 Motor LIAZ M1.2C ML

Jedná se o čtyřdobý řadový šestiválec v ležatém uspořádání. Agregát je přepříván jedním turbodmychadlem. Nedílnou součástí turbodmychadla je mezichladič, zajišťující chlazení plnicího vzduchu. Na každý válec připadají dva sací a dva výfukové ventily a vstřikovací tryska. Vstřik paliva je přímý; zajišťuje jej elektronicky řízené vstřikovací čerpadlo. Pohon ventilů zajišťuje jediný vačkový hřídel. Ventilový rozvod je typu OHV (s visutými ventily). Výfukové plyny jsou výfukovým potrubím vedeny na střechu vozu. Chlazení motoru je řešeno jako vodní - chlazení okruhu motoru a převodovky zajišťuje hliníkový Ventilátor chladiče je poháněn hydrostaticky. Mazání spalovacího motoru zajišťuje tlakový olej. [28]



Obr. 19 Fotografie vozu 812. [29]

Motor M1.2C ML je součástí motorových vozů řady 812, 814, ty jsou uvedeny na Obr. 19. Technické parametry motoru jsou v Tab. 17.

Tab. 17 Základní technické parametry motoru LIAZ M1.2C ML. [28]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Objem spalovacího motoru	l	11,94
Vrtání	mm	130
Zdvih	mm	150
Otáčky SM – volnoběžné	min ⁻¹	600
Otáčky SM – jmenovité	min ⁻¹	1 950
Trvalý výkon SM	kW	242 ¹ , 2 x 242 ²

¹ řada 812, ² řada 814

4.3 Motor LIAZ M1.2C

Jedná se o vznětový čtyřdobý řadový šestiválec s přímým vstřikem paliva, přeplňováním a vodním chlazením. Každý válec má dva sací a dva výfukové ventily. Pohon ventilů zajišťuje jediný vačkový hřídel. Spalovací motor pohání trakční alternátor, který po usměrnění proudu napájí trakční motory.



Obr. 20 Fotografie zleva doprava: 843, 708. [21], [28]

Těmito motory jsou osazeny motorové lokomotivy řady 708 a motorový vůz 843. Lokomotivy řady 708 jsou určeny pro středně těžkou posunovací a lehkou traťovou službu. K motorovým vozům 843 byly vyrobeny řídicí vozy řady 943 a vložené vozy 043. Tyto vozy jsou z hlediska provedení řešeny obdobně, pouze jsou kratší (19,5 m). Jde o první provozní využití řídicích vozů u ČD. Většinou jsou soupravy řazené 843+043+943, někdy jedou tyto soupravy v dvojici.

Základní technické parametry jsou uvedeny v Tab. 18. Na Obr. 20 jsou znázorněny fotografie vozů 708 a 843.

Tab. 18 Základní technické parametry motoru LIAZ M1.2C. [21], [28]

Parametr	Jednotka	Hodnota
Objem spalovacího motoru	l	11,94
Vrtání	mm	130
Zdvih	mm	150
Otáčky SM – volnoběžné	min ⁻¹	650
Otáčky SM – jmenovité	min ⁻¹	1 800
Trvalý výkon SM	kW	242 ¹ , 2 x 242 ²

¹ řada 843, ² řada 708

4.4 Motor LIAZ M1.2B ML a TEDOM TD 242 RH TA 25

V motorových vozech řady 842 byla nejprve osazena dvojice motorů LIAZ M1.2B ML. Tyto motory byly však poruchové a proto byly v rámci modernizace vyměněny za ekologicky šetrnější motory TEDOM TD 242 RH TA 25. Tím došlo současně k navýšení výkonu vozu z 2 x 212 kW na 2 x 242 kW.

Základní technické parametry motorů jsou uvedeny v Tab. 19. Charakteristika motoru TEDOM TD 242 RH TA 25 je znázorněna v Graf 7. Samotný motorový vůz je vidět na Obr. 21.

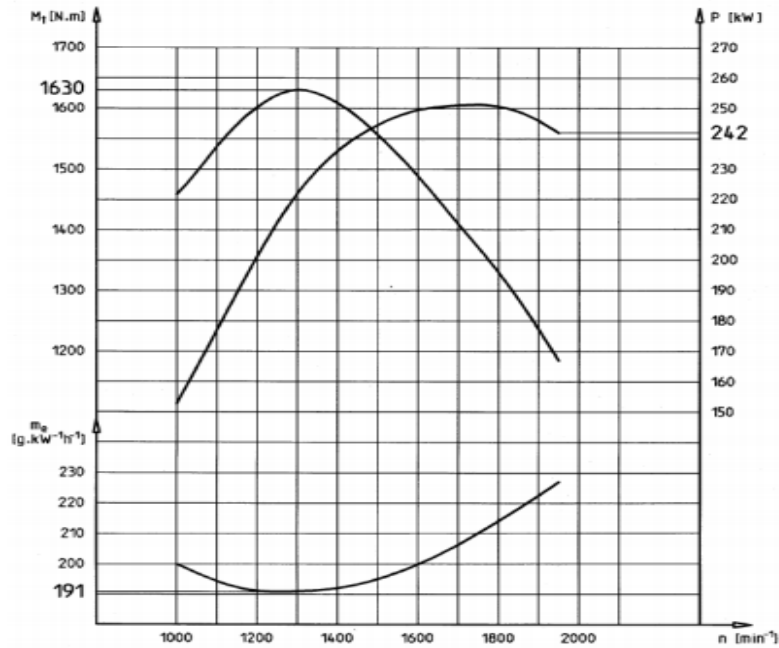
Po modernizaci vzrostla max. tažná síla vozu z původních 60 na 85 kN a díky nově použitému typu spalovacího motoru lze předpokládat snížení spotřeby paliva o cca 7%. Dalším předpokladem pro snížení spotřeby vozu je optimalizace převodových poměrů a vyšší počet převodových stupňů. Díky tomu není nutné pro ustálenou jízdu max. rychlostí využívat maximálních otáček spalovacího motoru. [30]

Tab. 19 Základní technické parametry motoru LIAZ M1.2B ML a TEDOM TD 242 RH TA 25. [28], [31]

Parametr	Jednotka	LIAZ M1.2B ML	TEDOM TD 242 RH TA 25
Objem spalovacího motoru	l	11,94	
Vrtání	mm	130	
Zdvih	mm	150	
Otáčky SM – volnoběžné	min ⁻¹	600	-
Otáčky SM – jmenovité	min ⁻¹	2 000	1 950
Trvalý výkon SM	kW	212	242



Obr. 21 Fotografie vozu řady 842. [28]



Graf 7 Charakteristika motoru TEDOM TD 242 RH TA 25. [30]

M_t [N.m] – krouticí moment, m_e [$\text{g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$] – měrná spotřeba paliva, P [kW] – výkon, n [min^{-1}] – otáčky

4.5 Motor LIAZ M634 a M637

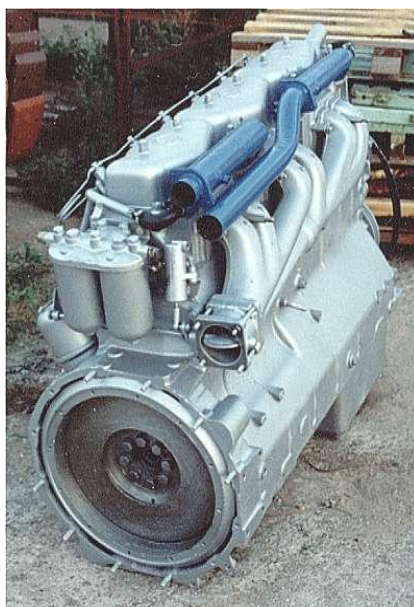
Spalovací motor LIAZ ML 634 je vznětový čtyřdobý šestiválec v ležatém uspořádání, známý i z dnes již historických autobusů ŠKODA ŠM 11 (vyráběných od roku 1965). Tento agregát s přímým vstřikem paliva není přeplňovaný. Motor má jeden vačkový hřídel. Každý válec má dva vstřikovací a dva výfukové ventily. Každý píst je osazen čtyřmi pístními kroužky. [28]



Obr. 22 Fotografie vozů zleva doprava: 810, 718. [28], [21]

Spalovací motor LIAZ M637 je vznětový čtyřdobý řadový šestiválec s přímým vstřikem pliva, vodním chlazením a ventilovým rozvodem OHV. Motor má jediný vačkový hřídel. Na každý válec připadají dva sací a dva výfukové ventily. [28]

Motor M634 je osazen v motorových vozech řady 810 a motor M637 v lokomotivách řady 718. Jejich parametry jsou uvedeny v Tab. 20. Fotografie vozů jsou na Obr. 22 a motoru na Obr. 23.



Obr. 23 Spalovací motor M634. [32]

Tab. 20 Základní technické parametry motorů LIAZ M634 a M637. [21], [28]

Parametr	Jednotka	LIAZ M634	LIAZ M637
Objem spalovacího motoru	l	11,94	
Vrtání	mm	130	
Zdvih	mm	150	
Otáčky SM – volnoběžné	min ⁻¹	600	
Otáčky SM – jmenovité	min ⁻¹	2 150	2 000
Trvalý výkon SM	kW	155	189

5 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ CATERPILLAR

Historie firmy

Historie společnosti Caterpillar Tractor Company, dnešní Caterpillar Inc., sahá až do osmdesátých let 19. století. U jejího založení stáli dva muži: Daniel Best a Benjamin Holt. Kolem roku 1880 doznívala v Kalifornii zlatá horečka, která přitáhla do okolí města San Francisca spoustu lidí. Ti následně začali farmařit a bylo potřeba půdu obdělávat – byla potřeba mechanizace. [34]

V roce 1890 přišel Holt s prvním parním strojem a v roce 1904 s pásovým traktorem. Následně založil obchodní značku Caterpillar. Zezačátku se firma zabývala převážně výrobou zemědělských strojů. Velký rozvoj zaznamenala firma v období světových válek. Caterpillar vstupuje do třetího tisíciletí jako vedoucí firma na trhu, je vedoucím inovátorem v technologickém řešení strojů, a to zejména:

- vývojem nových typů motorů řady C se podstatně snížily emise a motory vyhovují dnes všem emisním limitům,
- dalšího snížení emisí a zvýšení účinnosti motorů se dosáhlo v roce 2003 zavedením technologie vstřikování paliva ACERT,
- nové konstrukce strojů vedou ke zjednodušení základních uzlů při zachování tradiční robustnosti a trvanlivosti strojů. [34]

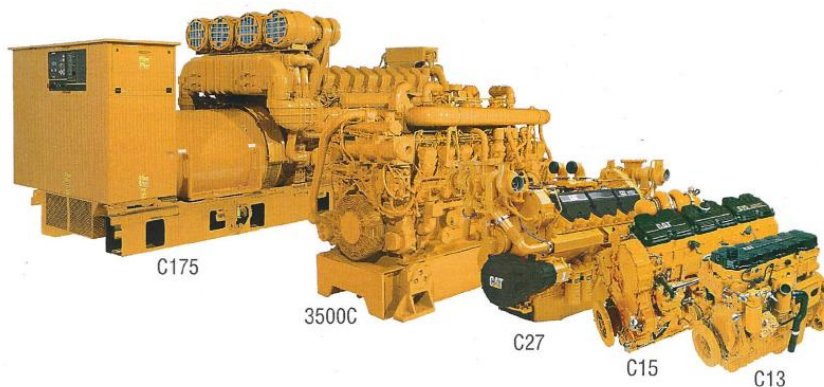
Dnes je firma Caterpillar jedním z největších výrobců motorů na světě, ve výkonech nad 500 kW je pak největším výrobcem na světě, i když byla donedávna spojována v České republice spíše se stavebními stroji. V České republice má firma Caterpillar zastoupení u firmy CZ LOKO, a. s.

Motory této značky najdeme jako pohonné jednotky nákladních automobilů, těžkých automobilových tahačů, vrtných věží, elektrocentrál, požárních čerpadel, stavebních a zemědělských strojů a především lokomotiv (jak s elektrickým, tak s hydraulickým přenosem výkonu).

V lokomotivách a motorových vozech jsou umístěny motory Caterpillar s výkony od 130 kW do 3 750 kW. Největším sériově vyráběným motorem na světě je dvanáctiválcový přeplňovaný motor CAT 3612 s výkonem 3 750 kW. Nejrozšířenější

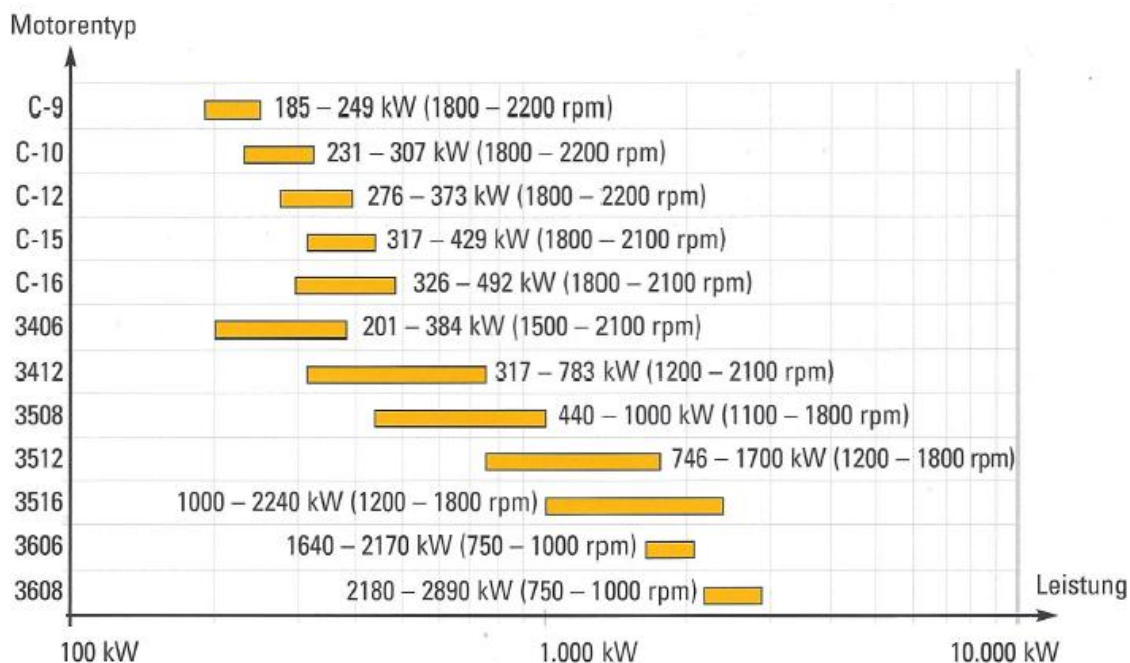
řadou je motor CAT 3512 s výkonem od 800 kW do 1 140 kW (jen v roce 1995 jich bylo prodáno 51 kusů), jedná se o stojatý čtyřtákní motor s přímým vstřikem paliva, přepřloňovaný turbodmychadlem.

Na Obr. 24 jsou znázorněny modely motorů některých typů. Jmenovité výkony jednotlivých typů motorů v Příloze č. 3.



Obr. 24 Lokomotivní motory CAT (C175, 3500C, C27, C15, C13). [35]

V Graf 8 jsou znázorněny rozsahy výkonů jednotlivých typů motorů. Na ose x jsou vyneseny hodnoty výkonu v kW a na ose y typy motorů. Z obrázku je patrné, že největší rozsah výkonu mají motory řad 34XX a 35XX.



Graf 8 Rozsah výkonů v kW pro jednotlivé typy motorů CAT. [36]

Do České republiky se začaly motory Caterpillar dodávat před šestnácti lety, a to pro soukromé dopravce, např. Chemopetrol Litvínov, Třinecké železářny nebo U. S. Steel Košice). U Českých drah byly poprvé použity při modernizaci motorových vozů řady 854 roku 1997, kdy došlo k nahrazení zastaralého a nespolehlivého diesellového motoru KS12 V 170 DR za nový 3412 E DI-TA.

5.1 Motory řady CAT 3412E

Tímto motorem byly osazovány motorové vozy řady 852 a 853 v rámci modernizace, a tak vznikla nová řady motorových vozů 854. V Tab. 21 jsou uvedeny základní technické údaje motoru CAT 3412E a v Graf 9 je zachycena jeho výkonová charakteristika.

Tab. 21 Základní technické parametry motoru CAT 3412E. [37]

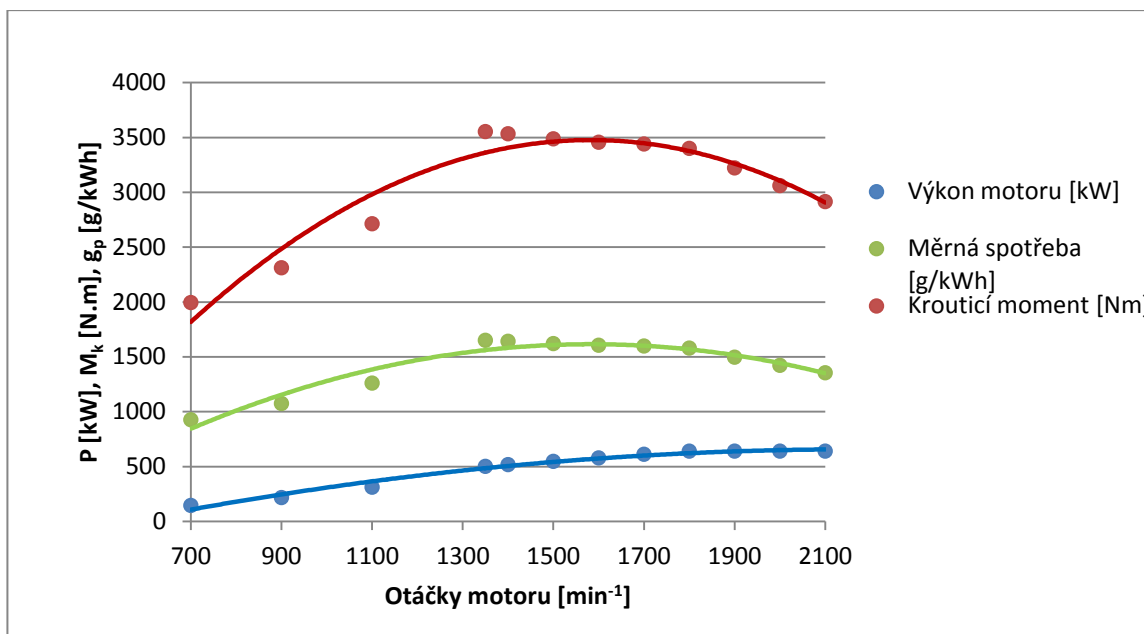
Motor		3412E
Výkon při 1800 min ⁻¹	kW	626
Objem	l	27,03
Zdvih	mm	152,4
Vrtání	mm	137,2
Kompresní poměr	-	14,5:1
Uspořádání válců	-	V12
Hmotnost	kg	2650
Způsob plnění vzduchu	-	TTA ¹

¹ 2 turbodmychadla paralelně řazená

Tímto motorem byly osazeny již zmiňované motorové vozy řady 854 a dále také motorové lokomotivy 724.7 a 729.7. Jejich fotografie jsou uvedeny na Obr. 25.



Obr. 25 Fotografie vozů zleva doprava: 854, 724.7 a 729.7. [21], [38]



Graf 9 Charakteristika motoru CAT 3412E, 641 kW. [vlastní], [37]

Konkrétní hodnoty uvedené v Graf 9 spolu s dalšími parametry, jako např. spotřeba paliva, teplota a tlak plnicího vzduchu, teplota spalin a teplota spalin za turbem jsou uvedeny v Příloze č. 4.

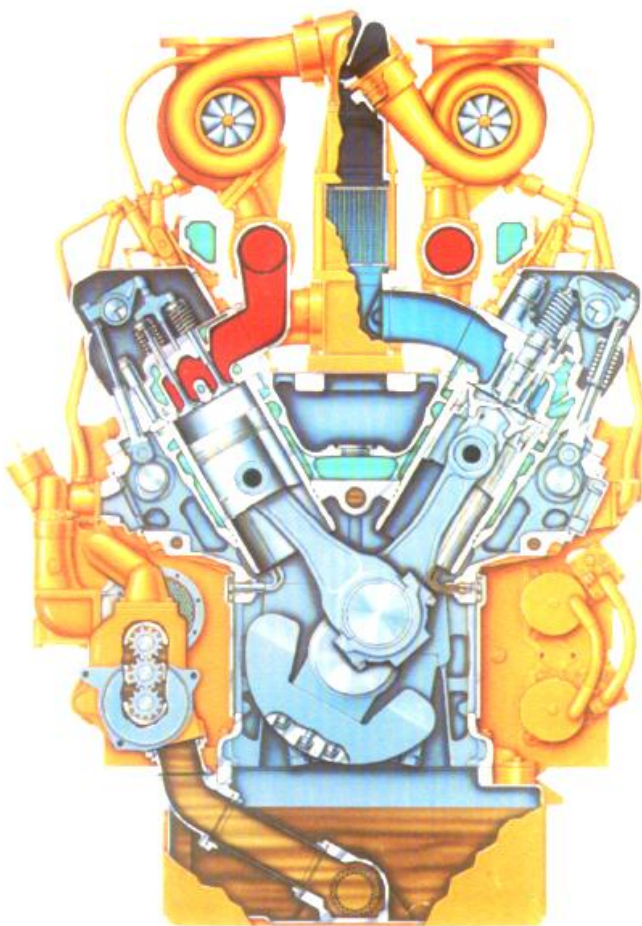
5.2 Motory řad CAT 35xx

Motory řady CAT 35xx jsou součástí lokomotiv 741.7, 742.7, 744.7, 736, 774.7, 744.7, 753.7, 755, 750.7 a 773. Některé z nich jsou uvedeny na Obr. 26.



Obr. 26 Fotografie vozů zleva doprava: 741.7, 736 a 755. [21], [39]

V Tab. 22 jsou postupně uvedeny technické parametry motorů CAT 3500C, 3508C, 3512CHD. V Graf 10 je zachycena výkonová charakteristika motoru CAT 3508B. Na Obr. 27 je znázorněn řez motorem CAT 3500B.



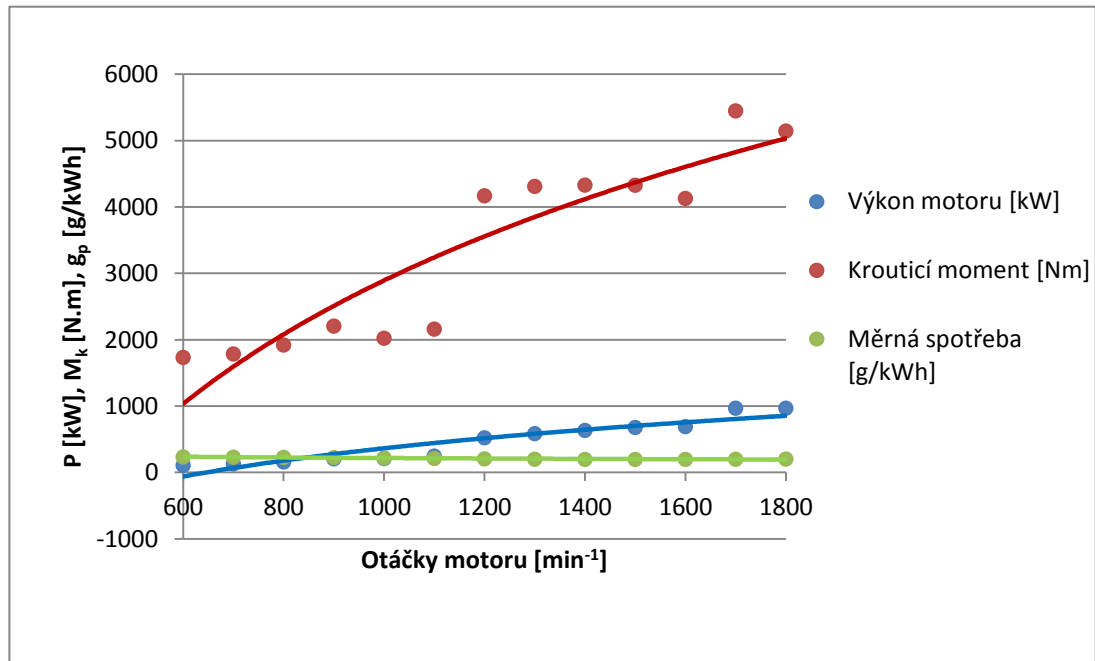
Obr. 27 Motor CAT 3500B. [41]

Tab. 22 Základní technické parametry motoru CAT 35xx. [35]

Motor		3508C	3512CHD	3516C
Výkon při 1800 min ⁻¹	kW	1000	1350 – 1700	2060
Objem	l	34,5	58,6	69
Zdvih	mm	190	215	190
Vrtání	mm	170	170	170
Kompresní poměr	-	14,7:1	14,7:1	14,7:1
Uspořádání válců	-	V8	V12	V16
Hmotnost	kg	4188	5670	7720
Sání vzduchu	-	Přeplňované s mezichladičem vzduch - vzduch		

Konkrétní hodnoty uvedené v Graf 10 spolu s dalšími parametry, jako např. spotřeba paliva, teplota a tlak plnicího vzduchu, teplota spalin a teplota spalin za turbem jsou uvedeny v Příloze č. 4.

Výhodami těchto motorů je možnost využití společných dílů, jako jsou např. sací a výfukové ventily, vložky sedel ventilů a pružiny ventilů. Použitá konstrukce nevyužívá vysokotlaká palivová vedení. [40]



Graf 10 Charakteristika motoru CAT 3508B. [vlastní], [37]

5.3 Motory řad CAT C13 a C15

Tyto motory mají možnost připojení pomocných pohonů na přírubu setrvačníku, pružné těsnění zvyšuje životnost motoru a snižuje možnost úniků, vysoce účinný filtr oleje zvyšující životnost motoru a zlepšuje kontrolu znečištění oleje. [40]

V Tab. 23 jsou uvedeny základní technické parametry těchto motorů. Z údajů je patrné, že výkon, objem, zdvih, vrtání, kompresní poměr i hmotnost motoru C15 jsou větší než u motoru C13. Motor C15 představuje náhradu motorů 3406, 3408 a C-15.

Tyto motory jsou osazeny např. v lokomotivách řad 708.7, 709.4a 740.3. Fotografie jsou uvedeny na Obr. 28.

Tab. 23 Základní technické parametry motoru CAT C13 a C15. [35]

Motor		C13	C15
Výkon při 1800 min ⁻¹	kW	328	403
Objem	l	12,5	15,2
Zdvih	mm	157	171,4
Vrtání	mm	130	137,2
Kompresní poměr	-	17,3:1	18:1
Způsob vstřikování paliva	-	CAT EUI	CAT EUI
Uspořádání válců	-	Ř6	Ř6
Hmotnost	kg	939	1469
Sání vzduchu	-	Přeplňované s mezichladičem vzduch-vzduch	



Obr. 28 Fotografie vozů zleva doprava: 740.4, 709.4. [21], [43]

5.4 Motory řady CAT C27

Motor C27 představuje náhradu motoru 3412E a částečně i 3508B. Od roku 2009 je v rámci modernizace zastavován do lokomotiv 724.7 a 724.8.

Základní technické parametry jsou uvedeny v

Tab. 24. Lokomotiva 724.7 je již uvedena na Obr. 25 u motoru CAT 3412E.

Tento motor umožňuje široký rozsah nastavení výkonu (od 600 do 1015 kW), připojení pomocných pohonů přes zadní převod ozubených kol.

Tab. 24 Základní technické parametry motoru CAT C27. [35]

Motor		C27
Výkon při 1800 min ⁻¹	kW	708
Objem	l	27,03
Zdvih	mm	152,4
Vrtání	mm	137,2
Kompresní poměr	-	16,5:1
Způsob vstřikování paliva	-	CAT EUI
Uspořádání válců	-	V12
Hmotnost	kg	2946
Sání vzduchu	-	Přeplňované s mezichladičem vzduch-vzduch

6 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ MTU

Historie společnosti

MTU byla založena v roce 1909 pod názvem Letadlové motory GmbH jako součást společnosti Zeppelin vyrábějící motory pro vzducholodě. V roce 1966 došlo ke spojení se společností Mercedes-Benz motor Friedrichshafen GmbH. Později došlo několikrát k přejmenování, až v roce 2001 na MTU Friedrichshafen GmbH.

Společnost MTU Friedrichshafen patří ke skupině Daimler-Benz a dodává systémy pro pohon silničních i kolejových vozidel, lodí i elektrických generátorů. Konkrétně jde o velmi výkonné naftové motory o výkonech od 35 do 7 400 kW, plynové turbíny a kombinovaná soustrojí.

MTU dodává různé varianty motorů. Předností je jejich nízká hmotnost, malé rozměry, nízká spotřeba paliva a mazadel a dlouhé údržbové intervaly. Jednotlivé díly motoru jsou umístěny tak, že odolávají extrémním vnějším vlivům. Jsou osazovány při remotorizaci starších typů vozidel. Jako je lokomotiva Bde 410 s motorem MTU 8V183TE12, modernizovaná lokomotiva 740 s využitím dvou motorů MTU 12V 183TE12, nebo německá lokomotiva V 100DR s motorem MTU 12V4000R10. [39], [44]

Tab. 25 Typy motorů MTU a jejich výkon při daných otáčkách. [45]

Počet válců	Typ motoru	Otáčky [min^{-1}]	Výkon [kW]
6R	099	2 400	90 – 150
6R 8V 12V	183	1 800	130 – 550
8V 12V 16V	396	1 800	600 – 1 850
12V 16V	595	1 650	2 200 – 3 200
12V 16V 20V	1 163	1 200	2 450 – 4 100

Nejvíce používaným motorem v železničních vozech je motor konstrukční řady 813. Tyto pohonné jednotky jsou nasazené na motorových vozech Německých železnic, Rakouských státních železnic ÖBB, Dánské státní dráhy, železniční společnosti v bývalé Jugoslávii a Norské státní dráhy DSB.

V Tab. 25 je uveden přehled jednotlivých typů motorů MTU pro kolejová vozidla, jejich varianty (vzhledem k počtu válců) a jakých výkonů dosahují při daných otáčkách.

6.1 Motory řady 183

Tento motor má velmi široké pole využití a to např. u kolejových vozidel nebo hlavní pohon jacht.

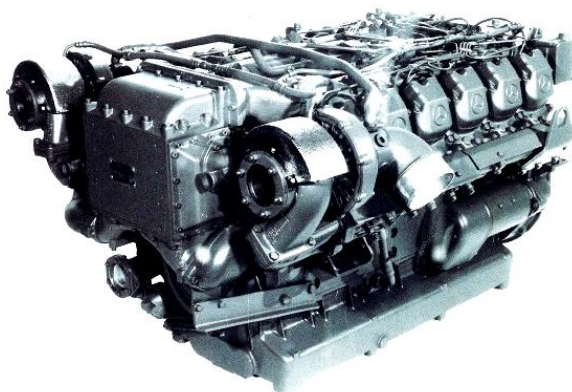
Vyrábí se v několika variantách. Jak již bylo zmíněno s válci v řadě (6R) nebo s válci do V (6V, 8V, 12V). Číslo vždy označuje počet válců. Na Obr. 25 jsou znázorněny oba typy motorů. Základní parametry těchto motorů jsou uvedeny v Tab. 26.

Tab. 26 Základní technické parametry motorů MTU řady 183. [45]

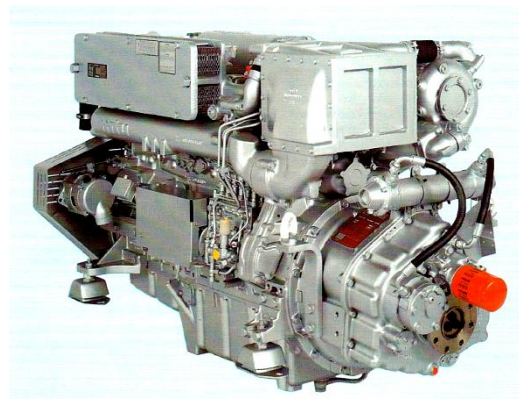
	6R 183	6V 183	8V 183	12V 183
	s přímým vstřikováním			
Chlazení	Cirkulační chlazení kapalinou			
Počet válců	6	6	8	12
Uspořádání válců	V řadě	90°, do V		
Vrtání [mm]	128	128		
Zdvih [mm]	155	142		
Objem válce - zdvihový [l]	1,99	1,83		
Objem válce – celkový [l]	11,97	10,96	14,62	21,93
Max. výkon [kW]	441	-	564	846
Max. otáčky [min ⁻¹]	2 300	2 400		

Na Obr. 29 je znázorněn motor jak s válci uspořádanými v řadě, tak s válci do V.

V rámci modernizace lokomotivy řady 709.4 byl použit tento typ motoru a vznikla tedy řada 709.5, která je jinak navenek téměř stejná. Tento motor je instalován i řadě 709.6. Obrázek lokomotivy řady 709.4 je již uveden v kapitole 4.4.



a)



b)

Obr. 29 Motor řady 183, a) válce uspořádané do V, b) válce v řadě. [46]

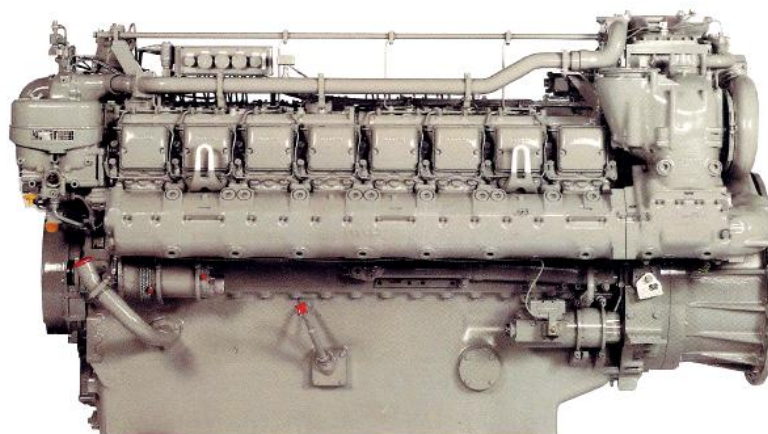
6.2 Motory řady 396

Oproti předchozím, se tento motor vyrábí pouze s válci uspořádanými do V, ve variantě se šesti, osmi, dvanácti a šestnácti válci. Základní technické parametry jsou uvedeny v Tab. 27.

Na Obr. 30 je uveden obrázek tohoto typu motoru.

Tab. 27 Základní technické parametry motorů MTU řady 396. [45]

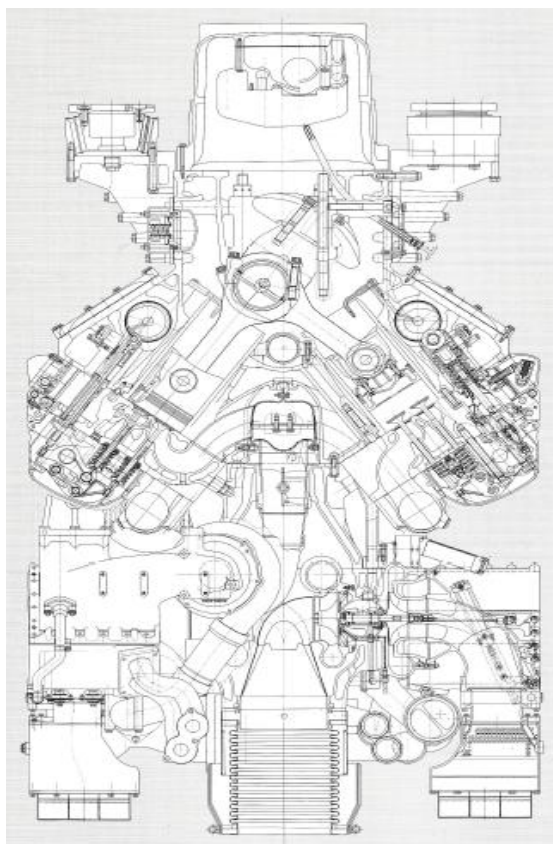
	6V 396	8V 396	12V 396	16V 396
Počet válců	6	8	12	16
Uspořádání válců	90°, do V			
Vrtání [mm]	165			
Zdvih [mm]	185			
Objem válce - zdvihový [l]	3,96			
Objem válce – celkový [l]	23,8	31,6	47,5	63,3
Max. výkon [kW]	-	1 120	1 920	2 560
Max. otáčky [min ⁻¹]	-	2 000	2 100	



Obr. 30 Motor řady 396, zdroj: [46]

6.3 Motory řady 595

Tato řada motorů se vyrábí ve dvou variantách - dvanácti a šestnácti válcové. Základní technické parametry jsou uvedeny v Tab. 28. Na Obr. 31 je uveden řez tímto motorem.



Obr. 31 Řez motorem MTU řady 595. [46]

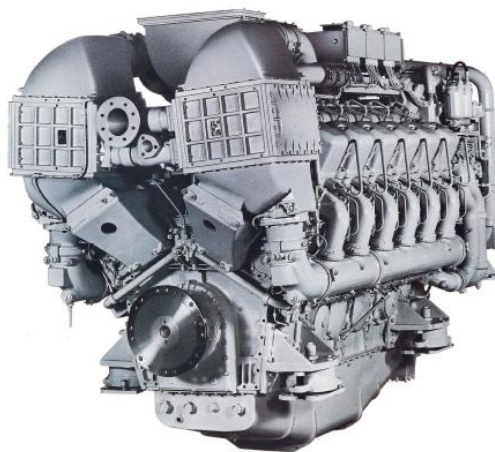
Tab. 28 Základní technické parametry motorů MTU řady 595. [46]

	12V 595	16V 595
Počet válců	12	16
Uspořádání válců	72°, do V	
Vrtání [mm]	190	
Zdvih [mm]	210	
Max. výkon [kW]	3 240	4 320
Max. otáčky [min ⁻¹]	1 800	

6.4 Motory řady 1163

Tab. 29 Základní technické parametry motoru MTU řady 1163. [46]

	12V 1163	16V 1163	20V 1163
Počet válců	12	16	20
Uspořádání válců	60°, do V		
Vrtání [mm]	230		
Zdvih [mm]	280		
Objem válce - zdvihový [l]	11,63		
Objem válce – celkový [l]	139,6	186,1	232,7
Max. výkon [kW]	4 440	5 920	7 400
Max. otáčky [min ⁻¹]	1 300		



Obr. 32 Motor řady 1163. [46]

7 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ MAN, IVECO

Historie firmy MAN

MAN byl založen v roce 1858 panem Heinrichem von Buzem. V roce 1892 přišel s nápadem tepelných strojů pan Diesel. V roce 1897 byl sestrojen první Diesel tepelný motor, který byl patentován. Od roku 1923 vyráběl MAN traktory s dieselovými motory. V současné době vyrábí firma MAN spalovací motory i celé vozidla.

Kromě využití v nákladní dopravě a autobusech se motory MAN montují do kolejových vozidel, zemědělských strojů, plavidlech a speciálních vozech. Výkonné spektrum motorů MAN je v rozsahu od 37kW do 1324kW a zahrnuje 4 a 6 válcové řady, tak i 8 a 12 válcové motory (viz Tab. 30).

Historie firmy IVECO

Společnost IVECO vznikla v roce 1975 sloučením pěti výrobců automobilů: Fiat, OM, Lancia, Unic a Magirue-Deutz. Společnost přijala společný název Industrial Vehicle Corporation – IVECO.

V současné době se IVECO skládá z pěti divizí a to z nákladní automobily, motory, autobusy, speciální (vojenská) technika a hasičská vozidla.

Jako první společnost, která se zabývá vývojem a výrobou motorů přišlo IVECO s SRC katalyzátorem, díky kterému splňují přísné emisní limity a plní podmínky škodlivých emisí stupně III B, Euro4/Euro5 I. [55]

7.1 Motory MAN

Motory MAN patří mezi motory s největší účinností. Díky progresivní klíčové technologii a vstřikovacím systémem s tlakovým zásobníkem Common Rail mají motory nejnižší spotřebu paliva. [53]

Největší využití motorů MAN je u motorové jednotky 813, která má největší zastoupení na Slovensku. Motorové jednotky 813 jsou osazovány motory MAN D 2876 LE, tyto motory splňují emisní limity EURO III.[51]

Tab. 30 Typy motorů MAN a jejich výkony při daných otáčkách. [53]

Počet válců	Typ motoru	Otáčky [min^{-1}]	Výkon [kW]
4R	D 0824 LE	2 400	83 - 113
6R	D 2876 LE	1 900	338 - 460
10R	D 2840 LE	1 900	441 - 600
12R	D 2842 LE 604	1 550	480 - 653
12R	D 2842 LE 601	2 300	735 - 1000

Na Obr. 33 a Obr. 34 jsou zástupci motorových jednotek, do kterých jsou osazovány motory MAN. Tab. 31 nám znázorňuje typy motorů jejich objem, výkon při maximálních otáčkách.



Obr. 33 Fotografie vozů zleva doprava: motorová jednotka 813, Bombardier Itino Y31. [51]

Tab. 31 Základní technické parametry motorů MAN D 28. [53]

	6V D 2876	10V D 2840	12V D2842
Počet válců	6	10	12
Uspořádání válců	V řadě	90° , do V	90° , do V
Vrtání [mm]	128	128	128
Zdvih [mm]	166	160	142
Objem válce – celkový [l]	12,81	18,72	21,93
Max. výkon [kW]	338	441	1000
Max. otáčky [min^{-1}]	1900	1900	2300



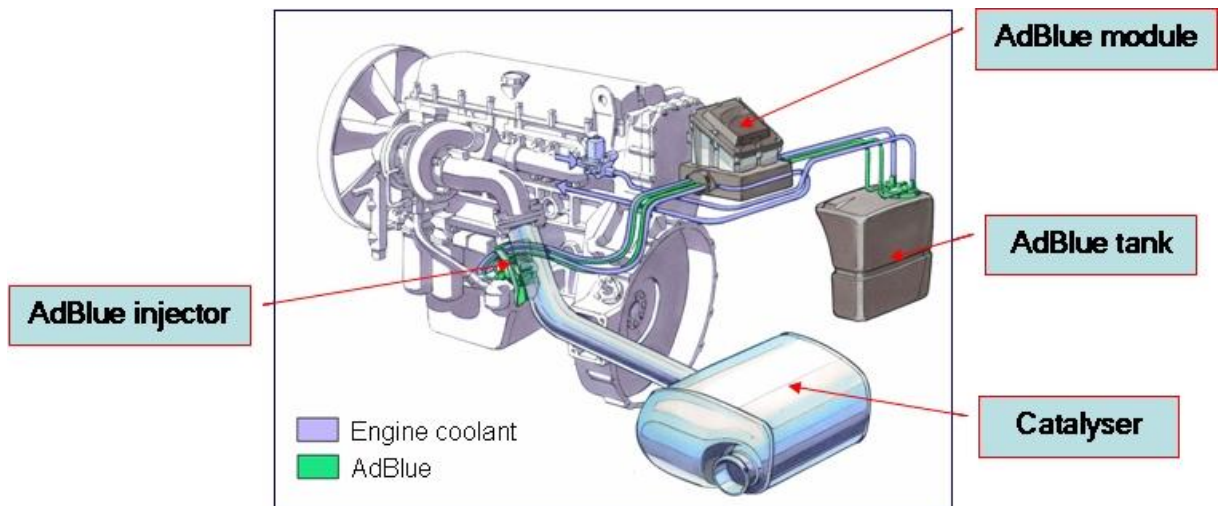
Obr. 34 Motory MAN vlevo 6V D2876 a vpravo 12V D2842. [54]

7.2 Motory IVECO

V Tab. 32 jsou popsány typy motorů IVECO, které se používají v lokomotivách a v motorových jednotkách ČD.

Tab. 32 Typy motorů IVECO Cursor 8 a jejich výkony při daných otáčkách, [55]

Počet válců	Typ motoru	Otáčky [min^{-1}]	Výkon [kW]
6R	31	1675 - 2400	228
6R	33	1660 - 2400	243
6R	36	1690 - 2400	265

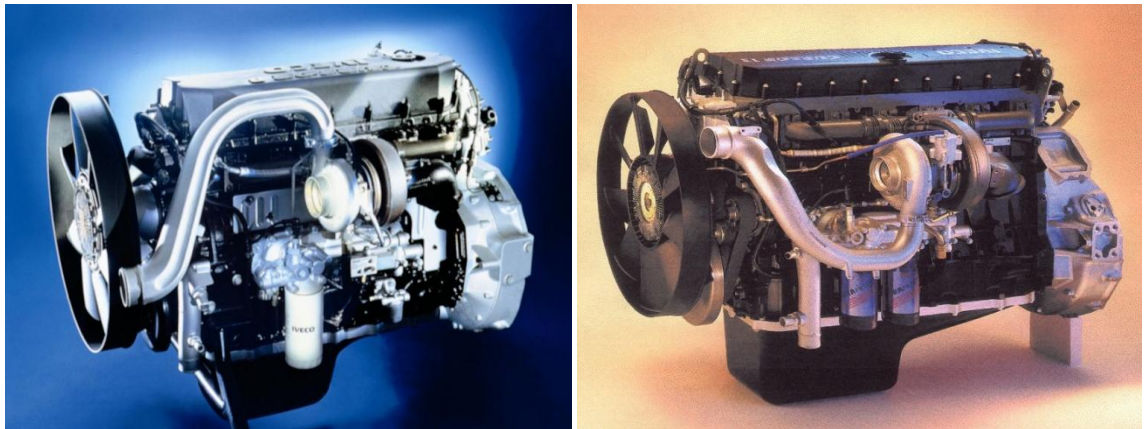


Obr. 35 Systém spalování pomocí technologie SCR. [56]

AdBlue je roztok močoviny, který vstřikováním do výfukového systému rozkládá škodlivé oxidy dusíku na vodní páry a neškodný atmosférický dusík. Tento proces,

nazvaný Selektivní katalytická redukce (SCR), snižuje emise pevných částic o 80% a emise oxidů dusíku (NOx) o 30% (Euro 4), resp. minimálně o 60% (Euro 5).

Na Obr. 35 je popsána technologie SCR (Selective Catalytic Reduction), která snižuje emise výfukových plynů vznětových motorů na úroveň EURO 4 a 5, na Obr. 36 jsou představeny motory IVECO řady CURSOR 8 a 13. Obr. 37 zobrazuje zástupce motorové jednotky REGIO – SHUTTLE RSI dříve vyráběná firmou AD tranz ve které je osazen motor IVECO CURSOR 8 ,



Obr. 36 Fotografie motoru zleva doprava: Iveco Cursor vlevo 8, Iveco Cursor 13. [56]



Obr. 37 Motorových vozů Regio – Shuttle RS. [57]

8 KONSTRUKČNÍ PROVEDENÍ A PARAMETRY MOTORŮ ANGLO-BELGIAN CORPORATION (ABC)

Historie firmy

Roku 1912, skupina 9 průmyslových investorů založila firmu v kanceláři notáře Fobe, s cílem vybudovat spalovací motor typu Diesel. Tyto motory budou mít velkou budoucnost, protože by zcela změnili způsob přepravy po souši i po moři. Jeden z nich reprezentovala společnost Onghena, která stavěla do té doby plynové motory staré konstrukce a rozhodla se ukončit tento výrobek ve prospěch nového dieselového motoru. [58]

První ABC motor byl sestaven s novými vlastnostmi a s novými částmi v nově postavené továrně. Továrna byla spuštěna pod dohledem investorů Marcela a Richarda Drorovými a pana Carlese - výrobcem motorů. Všichni investoři se podíleli stejným podílem 500,000 BEF (belgický frank), s výjimkou Carlese, který přinesl licenci na výrobu vznětových motorů. Název nové společnosti byl zvolen "Anglo belgická společnost", protože chtěl ukázat, že část rizikového kapitálu by měl pocházet z Anglie. Nicméně válka zavinila, že tento kapitál nikdy nebyl investován. [58]

ABC zahájila výrobu 6, 8, 12, 16 válcových motorů o výkonu 24 a 40 HP. Již před první světovou válkou začalo ABC exportovat motory do Austrálie a Ruska.

V roce 1997, ABC představilo nový design DZ-motorů 12 a 16-válce. Rozsah výkonu byl zdvojnásoben a rozšířen na 5000 HP. Nově navržený motor VDZC splnil všechna očekávání a zásluhou tohoto úspěchu došlo k velkému růstu společnosti. [58]

8.1 Motory „ABC“ 16VDZC 1000-166V

Jedná se o čtyřdobý vznětový motor s přímým vstřikem paliva, přeplňovaný turbodmychadlem a vodou chlazený. Jako palivo je možné v tomto motoru použít naftu nebo rostlinný olej. Tento motor je osazován do lokomotiv MAXIMA od firmy VOITH.

Tab. 33 Základní technické parametry motoru ABC 16VDZC 1000-166V. [58]

Počet válců	-	V16
Vrtání	[mm]	256
Zdvih	[mm]	310
Kompresní poměr	-	12,1:1
Vstřikování	-	Přímé mechanické
Výkon	[kW]	2750

Tato lokomotiva patří do skupiny s hydraulickým přenosem výkonu. Patří mezi jedny z nejspolehlivějších lokomotiv s dlouhou životností jednoduchou údržbou, při enormní síle. Na obrázku je znázorněn motor „ABC“ 16VDZC 1000-166V.



Obr. 38 motor „ABC16VDZC 1000-166V“ a lokomotiva MAXIMA 30CC. [58]

8.2 Motory „ABC“ V2868T3/L3

Jedná se o čtyřdobý vznětový motor s přímým vstřikem, systém COMMON RAIL, 2x přeplňovaný, vodou chlazený. V tabulce jsou uvedeny základní technické údaje motoru.

Tímto motorem je osazována lokomotiva GRAVITA od firmy VOITH. Lokomotiva patří mezi nejmodernější lokomotivy s celoevropským využitím. Vyznačuje se převážně kvalitním přenosem výkonu „turbopřevodovky“.

Tab. 34 Základní technické parametry motoru ABC V2868T3/L3. [58]

Cyklus	-	4 takt
Válec	-	V8
Vrtání	[mm]	120
Zdvih	[mm]	256
Kompresní poměr	-	9,8:1
Vstřikování		Přímé mechanické
Rychlost pístu při 1000 min	[m/s]	8,5
Výkon	[kW]	500



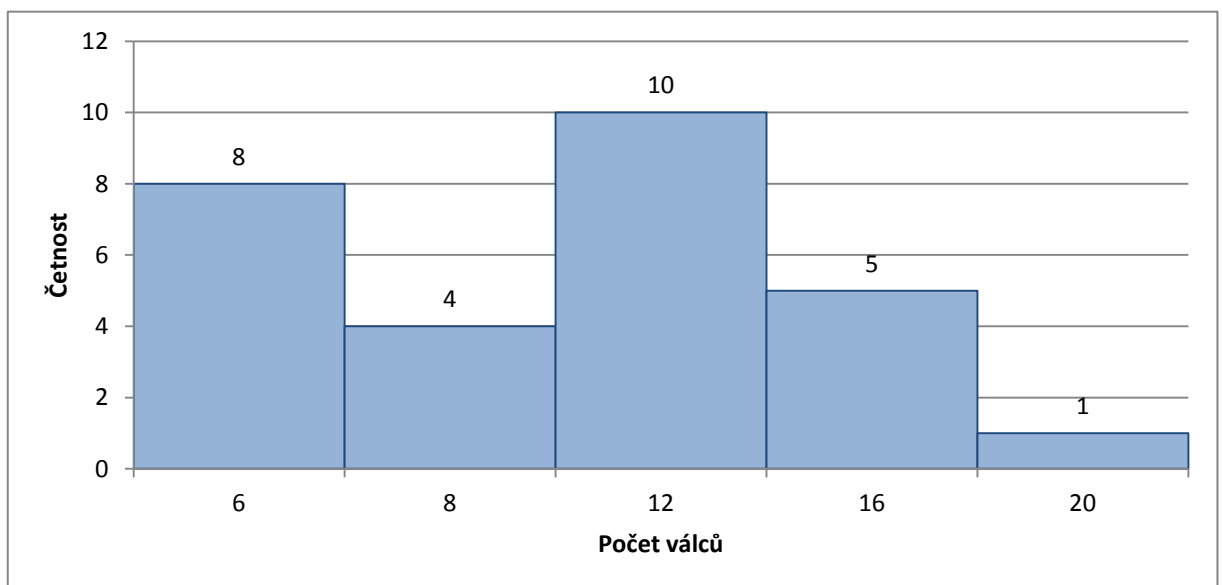
Obr. 39 Fotografie zleva doprava: Lokomotiva GRAVITA 10BB, motor V2868T3/L3. [58]

9 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ DRÁŽNÍCH MOTORŮ

V této kapitole je provedeno porovnání uvedených výrobců spalovacích motorů a jejich konkrétních vybraných typů, které může sloužit pro vytvoření ucelené představy o **nejvíce používaných motorech** v kolejových vozech ČD.

9.1 Podle počtu válců

V Graf 11 je znázorněno které válcové motory jsou nejvíce a nejméně zastoupeny. Nejvíce se vyrábějí motory s 12 – ti válci, obvykle uspořádány do V. Druhé místo zaujímají motory se 6 – ti válci. Motor s dvaceti válci je zastoupen pouze jedním typem, a to MTU 20V 1163.



Graf 11 Porovnání motorů podle počtu válců. [vlastní]

6 válců: K 6 S 310 DR, K 6 S 230 DR, 6 S 310 DR, CAT C15, MTU 6V 183, MTU 6V 386, MAN 6V D 2876, IVECO Cursor 8;

8 válců: CAT 3508C, MTU 8V 183, MTU 8V; ABC 8V V2868T3/L3

12 válců: 12 V 170 DR, K 12 V 170 DR, K 12 V 230 DR, CAT 3512CHD, CAT C27, MTU 12 V 183, MTU 12V 396, MTU 12V 595, MTU 12V 1163, MAN 12 V D2842;

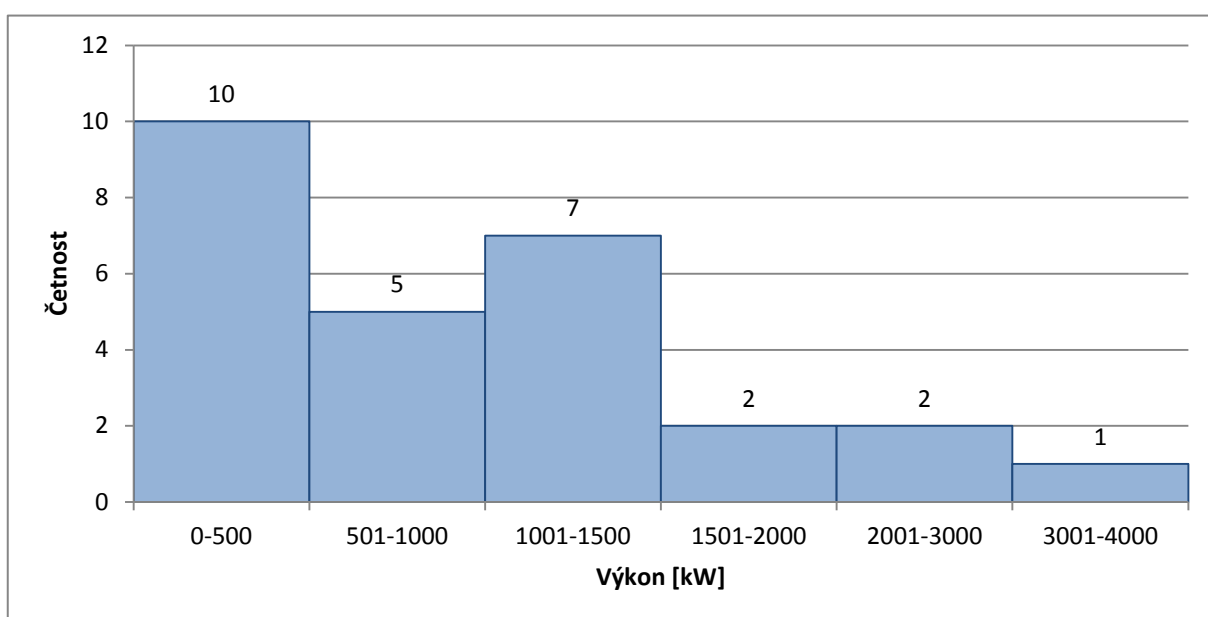
16 válců: CAT 3516C, MTU 16V 393, MTU 16V 595, MTU 16V 1163; ABC 16VDZC 1000-166V

20 válců: MTU 20 V 1163

9.2 Podle výkonu

Dalším hlediskem, jak je možné motory porovnat je podle jejich maximálního výkonu. Bylo provedeno skupinové rozdělení četností, jeho histogram je uveden v Graf 12, z něhož jsou patrné hodnoty výkonů, kterých motory dosahují nejčastěji nebo také vůbec.

Z Graf 12 je patrné, že většina (cca 70%) uvedených motorů má výkon pohybující se do 1 500 kW (ČKD, LIAZ/TEDOM, některé CAT, MAN, IVECO Cursor 8, ABC V2868T3/L3 a MTU řady 813). Motory s vyššími výkony již takové zastoupení nemají.



Graf 12 Histogram výkonů motorů. [vlastní]

Největších výkonů dosahují motory MTU, které mají široké využití nejen v železničním průmyslu, ale také v průmyslu lodním a vojenském.

9.3 Podle objemu

Nejčastěji jsou motory konstruovány s objemem do 50 – ti litrů (cca 75% uvedených typů). Výjimkou jsou motory MTU řady 1163 a motor ČKD K 6 S 310 DR.

Motory LIAZ/TEDOM mají všechny stejný objem, stejně tak jako motory ČKD 12 V 170 DR a K12 V 170 DR. Nejmenší objem má motor MTU 6V 183 (10,96 l) a naopak největší objem má motor MTU 20V 1163 (232,7 l), viz Tab. 29.

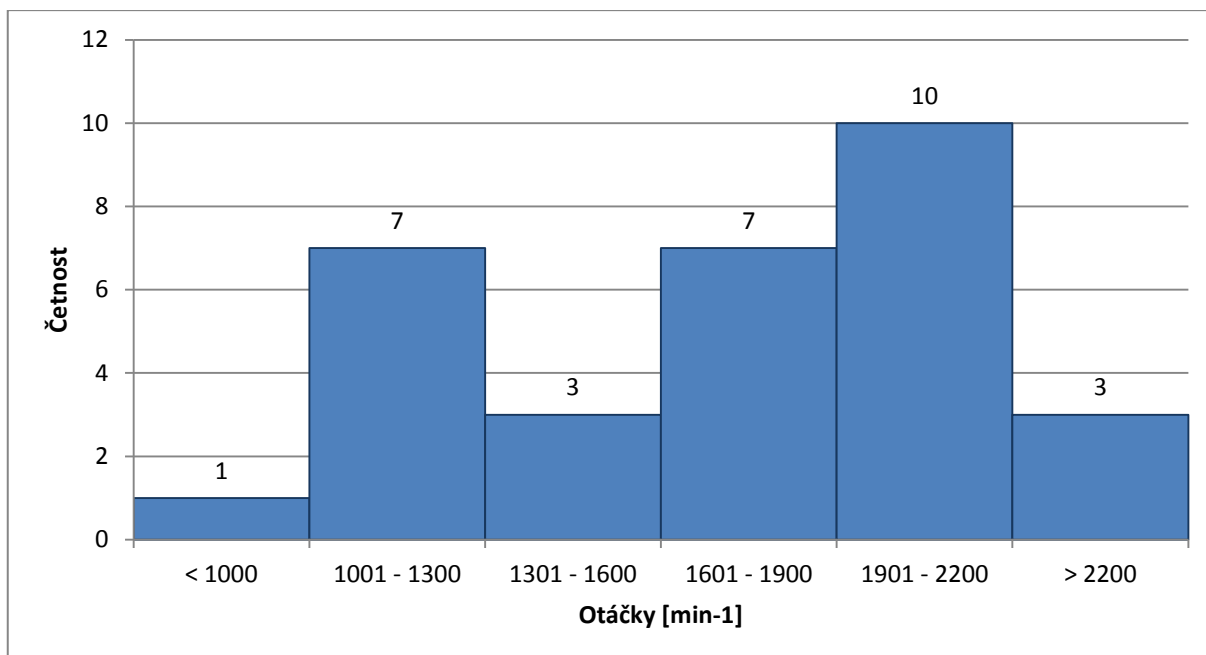
Tab. 35 Rozdělení motorů podle jejich objemu, řazeno vzestupně. [vlastní]

Objem [l]	Výrobce	Typ motoru
7,79	IVECO	Cursor 8
10,96	MTU	6V 183
11,00	ABC	V2868T3/L3
11,94	LIAZ	M1.2B ML, M1.2C, M1.2C ML, M634, M637
	TEDOM	TD 242 RH TA 25
12,50	CAT	C13
12,81	MAN	6V D 2876
14,62	MTU	8V 183
15,20	CAT	C15
18,72	MAN	10V D 2840
21,93	MTU	12V 183
	MAN	12 V D2842
23,80	MTU	6V 396
27,03	CAT	3412E, C27
31,60	MTU	8V 396
34,50	CAT	3508C
47,50	MTU	12V 396
52,60	ČKD	12 V 170 DR, K 12 V 170 DR
58,60	CAT	3512CHD
60,00	ABC	16VDZC 1000-166V
63,30	MTU	16V 396
69,00	CAT	3516C
130,00	ČKD	K 12 V 230 DR
139,60	MTU	12V 1163
163,21	ČKD	K 6 S 310 DR
186,10	MTU	16V 1163
232,70	MTU	20V 1163

9.4 Podle otáček

Nejčastěji se maximální otáčky spalovacích motorů pro lokomotivy a motorové vozy pohybují okolo $2\,000\text{ min}^{-1}$. Výjimku tvoří motory ČKD (820 min^{-1} a $1\,400\text{ min}^{-1}$), MTU 1163 a MAN ($1\,300\text{ min}^{-1}$), IVECO Cursor 8 (1400 min^{-1}).

Histogram rozdělení otáček je znázorněn v Graf 13. Konkrétní hodnoty otáček jednotlivých typů motorů jsou uvedeny v Tab. 36.



Graf 13 Histogram otáček motorů [min⁻¹]. [vlastní]

Tab. 36 Rozdělení motorů podle jejich otáček, řazeno vzestupně. [vlastní]

Otáčky [min ⁻¹]	Výrobce	Typ motoru
820	ČKD	K 6 S 310 DR
1 100	ČKD	K 12 V 230 DR
1 300	MTU	12V 1163, 16V 1163, 20V 1163
	MAN	6V D 2876, 10V, D 2840, 12V D2842
1 400	ČKD	12 V 170 DR, K 12 V 170 DR
1685	IVECO	Cursor 8
1 800	MTU	12 V 595, 16V 595
	CAT	3508C, 3512CHD, 3516C
	LIAZ	M1.2C
1 900	ABC	V2868T3/L3
1 950	LIAZ	M1.2C ML
	ABC	16VDZC
	TEDOM	TD 242 RH TA 25
2 000	MTU	8V 396
	LIAZ	M1.2B ML, M637
2 100	MTU	12V 396, 16V 396
	CAT	C 15, C27
2 150	LIAZ	M634
2 400	MTU	12V 183, 6V 183, 8V 183

9.5 Podle uspořádání motoru

Motory se dají dále rozdělit podle jejich konstrukce na:

- ležaté (horizontální) - v lokomotivách a motorových vozech se strojovnou,
- stojaté (vertikální) - v menších motorových vozech.

Převážná většina motorů je konstruována jako stojaté. Sem patří motory firem ČKD, CATERPILLAR, ABC a MTU. Motory ležaté vyrábí firmy LIAM a IVECO (STADLER). Motory firmy TEDOM mohou být vyráběny jako ležaté i jako stojaté – záleží na přání zákazníka.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vytvořit ucelený přehled o vyráběných typech spalovacích motorů používaných u ČKD v lokomotivních a motorových vozech. Tyto motory byly posouzeny z hlediska jejich provedení a parametrů. Na závěr byly shrnuty a vzájemně porovnány dle vybraných kritérií (např. počet válců, výkon, otáčky, objem a uspořádání motoru).

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pro kolejová vozidla jsou použity motory pracující na stejném principu, jako motory nákladních automobilů. Velkého využití dosáhly především motory naftové (vznětové), v porovnání s motory benzínovými, a to díky jejich vyšší účinnosti a nižší spotřebě paliva. Nejpoužívanějšími motory v lokomotivách ČD jsou šestiválcové a dvanáctiválcové agregáty ČKD. Většina motorů v lokomotivách je přeplňovaná (válcové jsou plněny tlakem vyšším než atmosférickým). Přeplňování zajišťuje turbodmychadlo (turbo), které přemísťuje plyny odstředivou silou.

Spalovací motory, jsou převážně založeny na spalování uhlovodíkových paliv pocházející z ropy. Při spalování těchto paliv se do ovzduší uvolňují emise, především CO₂. Stejně tak se uvolňují emise karcinogenních látek tvořených nespálenými uhlovodíky a prachovými částicemi. Možnosti jak snižovat emise spalovacích motorů jsou zpravidla dvě, a to snížení spotřeby paliva a zkvalitnění procesu spalování. Normy pohonných hmot a limity emisí ve výfukových plynech jsou dány normami, konkrétně EURO I – V viz Kap. 2.2.

Mezi nejpoužívanější motory výrobce ČKD patří 12 V 170 DR, K 12 V 170 DR, K 6 S 310 DR a K 12 V 230 DR. Konkrétní parametry a charakteristiky těchto typů motorů byly uvedeny v Kap. 3 a v Příloze č. 1 - 2. S výjimkou motoru K 6 S 310 DR jsou všechny 12 – ti válcové a rozsahem otáček do 2 000 min⁻¹.

TEDOM kromě využití motorů pro železniční motorové vozy vyrábí i motory, které jsou využívány např. pro nákladní automobily, autobusy, říční a pobřežní lodě, zemědělské a stavební stroje. Motory TEDOM lze využít jako plnohodnotnou náhradu za motory LIAZ při opravách a přestavbách vozů. Konkrétní vybrané typy, jejich parametry, vlastnosti a využití byly popsány v Kap. 4.

Firma Caterpillar je jedním z největších výrobců motorů na světě ve výkonech nad 500 kW. Motory této značky lze nalézt např. jako pohonné jednotky nákladních automobilů, těžkých automobilových tahačů, vrtných věží, elektrocentrál, požárních čerpadel, stavebních a zemědělských směrů a především lokomotiv s různými typy přenosu výkonů. Nejrozšířenější řadou je motor CAT 3512 s výkonem od 800 kW do 1 140 kW. Ostatní typy motorů spolu s jejich parametry, charakteristikami a využitím byly uvedeny v Kap. 5 a v Příloze č. 3 a 4.

Dalšími typy motorů jsou pohonné jednotky firmy MTU. Jejich předností je nízká hmotnost, malé rozměry, nízká spotřeba palivy a mazadel a dlouhé údržbové intervaly. Motory jsou především osazovány při remotorizaci starších typů kolejových vozidel. Nejpoužívanějším typem je motor MTU 183. Motory spolu s jejich parametry, charakteristikami a využitím byly uvedeny v Kap. 6.

Firma IVECO vyrábí motory Cursor 8,10,13. Motorem Cursoa 8 je osazován vlak Regio – Shuttle RS I společnosti STADLER (kap. 7). V ČR jsou tyto vlaky poměrně novinkou – jezdí teprve od roku 2011.

Dalším představitelem výrobců motorů je firma MAN. Tak jako předešlé firmy zabývajícími se výrobou spalovacích motorů i firma MAN vyrábí celou škálu spalovacích motorů s uplatněním v železnici, silniční dopravě, zemědělství, stavebnictví. V železniční dopravě je nejvíce používán motor 6V D2876 v motorové jednotce 813.

Posledním výrobcem uvedeným v této práci je firma ANGLO BELGIAN CORPORATION „ABC“. Jedná se o Belgickou firmu s dlouholetou tradicí, která patří mezi špičky ve svém oboru. Především díky inovovaným spalovacím motorům VDZC, které jsou osazovány především do lokomotiv firmy VOITH. Motory se vyznačují nízkou hmotností, malou spotřebou a bezporuchovostí.

Z porovnání vybraných typů motorů uvedených v kap. 8 je patrné, že cca 40% lokomotivních motorů je konstruováno jako 12 – ti válcových a cca 25% jako 6 – ti válcových s uspořádáním válců do „V“. Cca 70% motorů má výkon pohybující se v hodnotách do 1 500 kW. Motory LIAZ/TEDOM mají všechny stejný objem, stejně tak jako motory ČKD 12 V 170 DR a K12 V 170 DR. Nejmenší objem má motor MTU 6V 183 (10,96 l) a naopak největší objem má motor MTU 20V 1163 (232,7 l), viz Tab. 29. Nejčastěji se maximální otáčky spalovacích motorů pro lokomotivy a motorové

vozy pohybují okolo $2\,000\text{ min}^{-1}$. Výjimku tvoří motory ČKD (820 min^{-1} a $1\,400\text{ min}^{-1}$), MTU 1163 ($1\,300\text{ min}^{-1}$) a Iveco Cursor 8 (1400 min^{-1}).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NEJEPSA, R., ŠVEJNOCH, V., PAVLOUSEK, P.: *Motorová vozidla kolejová: Určeno pro posluchače fak. stroj. a elektrotechn. a fak. provozu a ekon. dopravy*. 2., přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961, 488 s.
- [2] Ročenka dopravy 2011. MINISTERSTVO DOPRAVY. Statistika dopravy České republiky [online]. 2011 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: https://www.sydos.cz/cs/rocenka-2011/rocenka/htm_cz/cz11_411000.html
- [3] ŠVESTKA, D.: Spalovací motory. *Atlas lokomotiv* [online]. 2004-2012 [cit. 2012-02-18]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/page-motory.html>
- [4] ŠVESTKA, D.: Přenosy výkonu. *Atlas lokomotiv* [online]. 2004 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/page-prenosy.html>
- [5] PAVELEK, M. a kol. *Termomechanika*. 1. vydání. Brno: CERM, s.r.o. Brno, 2003. ISBN 80-214-2409-5.
- [6] BARTONÍČEK, L.: *Přepřínování pístových spalovacích motorů*. Liberec, 2004. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/studenti/texty/PZP-preplnovani-PSM.pdf>. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra strojů průmyslové dopravy.
- [7] ZICH, L. a kol.: *Příručka pro strojvedoucí motorových lokomotiv - I. 5.* doplněné vydání. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1973. ISBN 31-037-73.
- [8] LATA, M.: *Konstrukce kolejových vozidel II*. Vyd. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004, 206 s. ISBN 80-719-4696-6.
- [9] REMEŠ, J.: Paliva pro spalovací motory [online]. 2008 [cit. 2012-11-10]. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Jindřiška Svobodová. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/135635/pedf_b/
- [10] ŠTEPÁNEK, J., SKÁLA, B.: *Modulární koncepce pohonů motorových lokomotiv CZ LOKO a. s.* [online]. 2009, XIX. konference s mezinárodní

- účastí: Současné problémy v kolejových vozidlech [cit. 2013-05-28].
Dostupné z: <http://www.vlaky.net/upload/images/reports/003534/Moduly.pdf>
- [11] PÍŠA, J. *Údržba vozidel: Kontroly a zkoušky drážních hnacích vozidel při výrobě, modernizacích, rekonstrukcích a opravách*. Pardubice, 2010. Semestrální práce. Univerzita pardubice.
- [12] SAJDL, J.: Emisní norma. Dostupná z: <http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>
- [13] ADAMEC, V.: *Výzkum zátěže životního prostředí*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2005, 86 s.
- [14] Vliv emisí na zdraví (NOx, PM a další). Hluk&emise [online]. 2007 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/vliv-emisi-na-zdravi>
- [15] ŠKAPA, P.: Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava. *Doprava a životní prostředí*. Ostrava, 2012 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://www.id.vsb.cz/skapa/default.htm>
- [16] ŠTĚPÁNEK, J.: *Spalovací motory Caterpillar pro platné emisní limity Stage IIIA*. In: Czech Raildays 2009 [online]. Česká Třebová, 2009 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://www.railvolution.net/czechraildays/2009/seminare/kv09.pdf>
- [17] TATRA ON AIR: jediný vzduchem chlazený motor EURO 5 na světě. RINGIER AXEL SPRINGER CZ A.S. AutoCZ [online]. 2008 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/tatra-on-air-jediny-vzduchem-chlazený-motor-euro-5-na-svete-8453>
- [18] Historie ČKD. ČKD GROUP [online]. 2011 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://www.ckd.cz/translate/cs/about-us/historie-ckd>
- [19] Motor 12V 170 DR. *Klub přátel zeleného sergeje* [online]. [cit. 2012-03-13]. Dostupné z: <http://kpzs.logout.cz/t334/popis/motor.html>
- [20] ZICH, L.: *Opravy motorových lokomotiv a vozů*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1965. ISBN 31-024-65.
- [21] ŠVESTKA, D.: Motorové lokomotivy. *Atlas lokomotiv* [online]. 2004-2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/list-ml.html>

- [22] Bittner, J.: *Motorové Vozy řad 850 až 854*. 1. vydání. Praha: Gradis Bohemia, 1999.
- [23] MIZEROVSKÝ, J.: *Motorové lokomotivy*. Praha: ČKD o. p., 1967. ISBN 06-084-67.
- [24] FEJGL, D.: *Historie podniku Liaz*. In: Liaz [online]. 2004 - 2012 [cit. 2012-11-20]. Dostupné z: <http://www.liaz.cz/historie.php>
- [25] Lokomotiva 751. In: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Lokomotiva_751
- [26] Vozidlové motory - palivo nafta. *TEDOM a.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://motor.tedom.cz/vozidlove-motory-nafta.html>
- [27] Drážní motory. *TEDOM a.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://motor.tedom.cz/vozidlove-motory-nafta.html>
- [28] ŠVESTKA, D.: *Motorové vozy. Atlas lokomotiv* [online]. 2004-2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/list-mv.html>
- [29] ZLINSKÝ, Z.: *Motorové vozy na našich kolejích: řada 812 ČD*. Vlaky.net [online]. 2012 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/002370-Motorove-vozy-na-nasich-kolejich-rada-812-CD/>
- [30] KOBZA, K.: *Modernizace motorových vozů řady 842*. Vlaky.net [online]. 2012 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: http://www.vlaky.net/upload/images/reports/004436/842_rekonstrukce.pdf
- [31] TD 242 RH TA 25. TEDOM S.R.O., divize MOTORY. *Motory TEDOM* [online]. 2012 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://cz.tedomengines.com/download/56.pdf>
- [32] Opravárenstvo. BERK, spol s.r.o. *Berk spol. s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://www.berk.sk/oprava.html>
- [33] STODŮLKA, M.: Fotogalerie. *Motory TATRA, LIAZ - Generální opravy, střední opravy a běžné opravy motorů TATRA, LIAZ* [online]. 2009 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://www.tatra-motory.cz/fotogalerie.php>

- [34] KUCHTA, K.: *80 let společnosti Caterpillar*. PHOENIX-ZEPPELIN, spol. s. r. o. Stavební technika [online]. 2005 [cit. 2012-11-20]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/80-let-spolecnosti-caterpillar/>
- [35] Phoenix-Zeppelin, spol. s.r.o. Lokomotivní motory Caterpillar – Stage IIIA.
- [36] Zeppelin Baumaschinen GmbH. Zeppelin: Antrieb für den Erfolg. Lokomotivmotoren von Caterpillar. ZM-1NX 4576 0802 (1).
- [37] PHOENIX-ZEPPELIN. Lokomotiva T724 [online]. Modletice, 2012, 17 s. [cit. 21.4.2012].
- [38] Řada 729.7 - CZ LOKO, a.s. CZ LOKO, a.s. CZ LOKO [online]. 2010 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://www.czloko.cz/cz/produkty-sluzby/kolejova-vozidla/modernizace-kolejovych-vozidel/modernizace-ctyrnapravovych-loko/rada-729-7.html>
- [39] BRABENEC, D.: Novinky 2011. *Stránky přátel železnic* [online]. 2011 [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: <http://spz.logout.cz/novinky/novinky1.php?rok=2011&mesic=11>
- [40] Phoenix-Zeppelin, spol. s.r.o. Katalog motorů Caterpillar. Lokomotivní motory 3500C.
- [41] Caterpillar Inc. 3500 Series B. 1995. LECQ5003
- [42] PHOENIX-ZEPPELIN. *Technické parametry motoru 3508B - 970 kW dle UIC* [online]. Modletice, 2012, 5 s. [cit. 21.4.2012].
- [43] Lokomotiva 740.3. In: *Wikipedia: Otevřená encyklopedie* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Lokomotiva_740.3
- [44] Přehled lokomotiv. SKD TRADE, a.s. *Lokomotivy* [online]. 2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: www.skd.cz/lokomotivy
- [45] MTU Motoren und Turbinen Union Friedrichshafen GmbH. *MTU Dieselmotoren für Schienenfahrzeuge*.
- [46] MTU Motoren und Turbinen Union Friedrichshafen GmbH. *MTU Friedrichshafen Products and Services*.

- [47] Regio-Shuttle RS1. STADLER. *Stadler* [online]. 2010 [cit. 2012-11-20]. Dostupné z: <http://www.stadlerrail.com/en/vehicles/rs1-2/>
- [48] Pernička J.: RegioShuttle RS1 pro ČD, *Železniční magazín 5/2011*, M-Pressé plus, s.r.o., Praha, ISSN 1212-1851
- [49] Stadler Regio-Shuttle RS1: Základní technické údaje. MĚSTSKÝ ÚŘAD HARRACHOV. *Město Harrachov* [online]. 2011 [cit. 2012-11-20]. Dostupné z: <http://www.harrachov.cz/mesto/doku/Stadler.pdf>
- [50] Power from 310 to 360 HP. IVECO - A FIAT INDUSTRIAL COMPANY - COMPANY INFORMATION. *Iveco*[online]. 2012 [cit. 2012-11-20]. Dostupné z: http://web.iveco.com/uk/Products/Pages/Stralis_driveline_cursor8.aspx
- [51] *Železničné info* [online]. 2007 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.zeleznic52ne.info/>
- [53] MAN. *Man* [online]. 2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <https://www.man.com/2/home>
- [54] *MAN engines* [online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.man-engines.com/en/index.html/>
- [55] IVECO - A FIAT INDUSTRIAL COMPANY. *IVECO* [online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.iveco.com/>
- [56] IVECO MORAVIA. *Agrotec* [online]. 2012 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.lvecomoravia.cz/>
- [57] Regio-Shuttle RS1. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Regio-Shuttle_RS1
- [58] Medium speed engines. ANGLO BELGIAN CORPORATION. *Anglo Belgian Corporation* [online]. 2013 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: <http://www.abcdiesel.be/choose.php>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Technické parametry motorů ČKD 12 V 170 DR a K12 V 170 DR
- Příloha č. 2 Detailní popis konstrukce motoru K12 V 170 DR
- Příloha č. 3 Jmenovité výkony motorů CAT
- Příloha č. 4 Výkonové charakteristiky motorů CAT
- Příloha č. 5 Převody jednotek

Technické parametry motorů ČKD 12 V 170 DR a K12 V 170 DR

Technický ukazatel	Typ motoru	
	12 V 170 DR	K 12 V 170 DR
Jmenovitý výkon	410 k	700 k
Jmenovité otáčky	1 360 min ⁻¹	1 400 min ⁻¹
Počet dob pracovního oběhu	čtyřdobý	
Způsob vstřikování paliva	přímý vstřík	
Typ spalovacího prostoru	ČKD Hesselmann	
Smysl otáčení	pravotočivý	
Počet válců a jejich uspořádání	12 – V	
Průměr válce	170 mm	
Zdvih pístu	190 mm	
Litrový obsah motoru	52,6 l	
Kompresní poměr	1:16	1:13,5
Střední pístová rychlost	8,6 m/s při 1 360 min ⁻¹	8,87 m/s při 1 400 min ⁻¹
Rozsah provozních otáček	650 – 1 360 min ⁻¹	650 – 1 400 min ⁻¹
Střední užitečný tlak na píst při jmenovitém výkonu	5,15 kp/cm ²	8,65 kp/cm ²
Kompresní tlak	38 – 42 kp/cm ²	cca 50 kp/cm ²
Spalovací tlak	74 – 80 kp/cm ²	cca 80 kp/cm ²
Otvírací tlak trysky	22é – 240 kp/cm ²	315 kp/cm ²
Pořadí vstřikování	1-12-2-11-4-9-6-7-5- 8-3-10	1-12-5-8-3-10-6-7-2- 11-4-9
Geometrický počátek dodávky paliva	35° před HU	

PŘÍLOHA č. 1, 2/2 [13]

Chlazení motoru	vodní	
Normální teplota chladicí vody při výstupu z motoru	65 – 75 °C	60 – 65 °C
Mazání motoru	tlakové zubovými čerpadly	
Normální teplota mazacího oleje při výstupu z motoru	75 – 85 °C	75 – 79 °C
Teplota výfukových plynů	480 – 520 °C	600 °C (před turbínou)
Obsah vody v motoru	65 l + 15%	
Obsah oleje v motoru (bez chladiče a potrubí)	60 kg + 15%	
Tlak mazacího oleje při jmenovitých otáčkách a normální pracovní teplotě	3,7 kp/cm ²	
Tlak mazacího oleje při 350 min ⁻¹ a normální pracovní době	1,4 kp/cm ²	
Spotřeba paliva při jmenovitém výkonu	170 g/kh l/l	165 g/kh + 5%
a jmenovitých otáčkách	170 g/kh ⁴ / ₄	175 g/kh + 5%
při spodní výhřevnosti nafty 10 000 kcal/kg a jmenovitém stavu vzduchu	185 g/kh ¹ / ₂	185 g/kh + 5%
Měrná spotřeba mazacího oleje	3 – 5 g/kh	
Váha motoru	2 430 kg	2 900 kg
Váha přeplňovacího turbodmychadla	-	2 x 150 kg

Detailní popis konstrukce motoru K12 V 170 DR

SKŘÍN MOTORU

Je litinová, bohatě žebrovaná. V horní části jsou plochy pro uložení bloků válců a ložiska pro vačkový hřídel. Ve spodní části je zavěšený klikový hřídel v 6-ti průběžných a jednom vodícím ložisku. Pánve ložisek jsou ocelové, s výstelkou z olovnatého bronzu. Pro rozvod mazacího oleje je do motorové skříně zalitá trubka, ze které se vrtáním rozvádí olej do hlavních ložisek vačkového hřídele. Ke skříně jsou přitaženy 48 dlouhými šrouby bloky a hlavy válců.

V boční stěně motorové skříně jsou kruhové otvory pro kontrolu klikového hřídele. Otvory jsou zakryté víky. Vstřikovací zařízení se u motorů III. série skládá ze dvou vstřikovacích čerpadel, umístěných na konzolách na zadní straně motoru. U motorů IV. série jsou již čerpadla umístěna na bloku motorové skříně a je lehké přístupné.

Na zadní stěně jsou dva skříňové nálitky pro uložení náhonů vstřikovacích čerpadel. Na pravé straně je otvor s přírubou pro uložení vodního čerpadla. Zadní strana motorové skříně je pak uzavřena víkem, které kryje rozvodová kola.

OLEJOVÁ VANA

Olejová vana je uložena ve spodní části bloku motoru a je vyrobená z hliníkové slitiny. Jsou zde také magnety pro zachycení kovových úlomků z oleje. Zadní část je zvětšená a tvoří nádržku na mazací olej. Je zde také uloženo zubové olejové čerpadlo. Horní čerpadlo slouží pro chladicí okruh a spodní pro mazací okruh.

KLIKOVÝ HŘÍDEL

Jde o několikrát zalomený výkovek ze speciální oceli, poháněný přes ojnice písty. Vystupuje z obou konců motoru. Na jedné straně pohání trakční generátor a na druhé pohání rozvodovku.

Klikový hřídel má 6 zalomení po 120°, na zadním konci je příruba na kterou je připevněná spojka. K vyvážení hřídele slouží šest protizávaží. Na zadním konci hřídele je rovněž nasazen pastorek pro pohon rozvodových kol. Na předním konci je namontovaná řemenice pro pomocné pohony.

OJNICE

Ojnice je vyrobena z ušlechtilé oceli zápusťkovým kováním a převádí translační (posuvný) pohyb na pohyb rotační (otáčivý). Na jednom konci je k ojnici přichycen píst prostřednictvím pístního čepu. Na druhé straně je ojnice spojena s klikovým hřídelem motoru.

Ojnice je provrtána, trubicemi prochází olej určený pro píst a olej pro mazání pístního čepu.

PÍSTY

Píst je těleso kruhového průřezu, pohybující se ve válci přímočarým vratným pohybem. Protože se píst nemůže pohybovat přímo po tělese válce, je píst obtočen několika pístními kroužky - tj. kovovými prstenci.

Pístní kroužky se podle funkce dělí na stěrací, které slouží pro stírání mazacího oleje a těsnící, které utěsňují píst v prostoru válce. V tělese pístu je zalita trubice ve tvaru spirály, sloužící k chlazení pístu.

VÁLCE

Jsou uloženy po šesti v bloku, ve kterém jsou vytvořeny prostory pro vodní chlazení vložek válců. Utěsnění je provedeno vložením měděných a gumových těsnících kroužků.



Na obrázku jsou vidět dva sací a dva výfukové ventily, uprostřed otvor pro vstříkovací ventil s tryskou. Na dolní ploše hlavy válce je nákrůžek k utěsnění spalovacího prostoru přes měděný těsnící kroužek.

Ve válcích probíhají cyklické děje za vysokých tlaků a teplot, a proto stěny válců musí být odolné vůči těmto vlivům. Plášť je zpravidla dutý a vyplněný chladicí kapalinou.

PŘÍLOHA č. 2, 3/3 [1]

Vnitřní průměr válce se nazývá vrtání a délka trajektorie pístu se nazývá zdvih v . Zdvihový objem vyjadřuje pouze činný objem válce

$$V_z = 2\pi r v,$$

kde r je poloměr válce (=polovina vrtání). Právě r a v jsou veličiny, ve kterých se motory lokomotiv nejvíce odlišují od motorů automobilových.

Kompresním poměrem nazýváme poměr pracovního objemu válce k objemu menšího spalovacího prostoru válce.

VENTILY

Válce většiny lokomotiv mají čtyři ventily, dva sací (pro plnění válce vzduchem) a dva výfukové (pro odvod spalin), vyrobené z chromniklové oceli.

V první době (sání) jsou otevřeny pouze sací ventily, ve druhé a třetí době (komprese a expanze) jsou všechny ventily uzavřeny (aby nedošlo k vyrovnání tlaků uvnitř a vně válce, čímž by plyn nemohl vydat veškerou energii na stlačení pístu). Ve čtvrté době se otevírají výfukové ventily a zplodiny vzniklé spálením směsi nafty a vzduchu odcházejí do výfukového potrubí.

Ventily jsou uloženy v litinovém vedení, které je zalisované do hlav válců. Každý ventil má dvě ventilové pružiny ze speciálního drátu, jehož povrch je broušený. Miska ventilových pružin je uchycená na ventilu pomocí dvojdielné vložky s kuželovou plochou. Ventily jsou zajištěné proti případnému vpadnutí do válce pojistným kroužkem na dřívku ventilu.

VAČKOVÝ HŘÍDEL

Je zhotovený z jednoho kusu, cementovaný a kalený. Uložen je v motorové skříni, v prostoru mezi bloky válců.

Základem rozvodového zařízení je vačkový hřídel, poháněný řetězem nebo řemenem od klikového hřídele. Většina motorů má pouze jeden tento hřídel. Na vačkovém hřídeli jsou výstupky - vačky, ovládající sací a výfukové ventily a vstřikovací čerpadla. Vačky přes soustavu kladek, tyčí a vahadel otevírají jednotlivé ventily. Zavírání ventilu zajišťuje pružina, obtáčeující ventil.

Jmenovité výkony motorů CAT

Motor 3508C – jmenovité výkony, 8 – válec, uspořádání do V

Třída A (nepřetržitý provoz)		Třída C (střídavý provoz)	
kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
920	600/1800	1000	600/1800

Motor 3512CHD – jmenovité výkony, 12 – válec, uspořádání do V

Třída A (nepřetržitý provoz)		Třída B	
kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
1350	600/1800	1380	600/1800

Třída C (střídavý provoz)		Třída D	
kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
1550	600/1800	1700	600/1800

Motor C13 ACERT – jmenovité výkony, řadový 6 - válec

	Třída A (nepřetržitý provoz)		Třída C (střídavý provoz)	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
ATTAC ¹	287	1800-2100	328	1800-2100

Třída B		Třída D	
kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
210	1800-2100	354	1800-2100

Třída E	
kW	min ⁻¹
388	1800-2100

¹ Chlazení plnicího vzduchu okolním vzduchem

PŘÍLOHA č. 3, 2/3 [35]

Motor C15 ACERT – jmenovité výkony, řadový 6 - válec

	Třída A (nepřetržitý provoz)		Třída C (střídavý provoz)	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
ATTAC ¹	328	1800-2200	403	1800-2200

Třída B		Třída D	
kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
354	1800-2000	433	1800-2000

Třída E	
kW	min ⁻¹
444	1800-2100

¹ Chlazení plnicího vzduchu okolním vzduchem

Motor C27 – jmenovité výkony, 12 – válec, uspořádání do V

	Třída A (nepřetržitý provoz)		Třída C (střídavý provoz)	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
TA ¹ (ATTAC ²)	597	1800-2100	709	1800-2100

	Třída B		Třída D	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
TA ¹ (ATTAC ²)	653	1800-2100	783	1800-2100

¹ Turbodmychadlo s mezichladičem, ² Chlazení plnicího vzduchu okolním vzduchem

Motor C7 – jmenovité výkony, řadový 6 – válec

	Třída B		Třída D	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
ATTAC ¹	168	1800-2200	224	1800-2200

PŘÍLOHA č. 3, 3/3 [35]

Třída C (střídavý provoz)	
kW	min ⁻¹
186	1800-2000
205	1800-2200

Motor C9 – jmenovité výkony, řadový 6 – válec

	Třída A (nepřetržitý provoz)		Třída C (střídavý provoz)	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
ATTAC ¹	205	1800-2200	242	1800-2200
	-	-	261	1800-2200

	Třída B		Třída D	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
ATTAC ¹	224	1800-2200	280	1800-2200

Motor C18 – jmenovité výkony, řadový 6 – válec

	Třída A (nepřetržitý provoz)		Třída C (střídavý provoz)	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
TA ¹ (ATTAC ²)	447	1800-1900	470	1800-1900
	-	-	522	1800-1900
	-	-	563	1800-1900

	Třída B		Třída D	
	kW	min ⁻¹	kW	min ⁻¹
TTA ³ (ATTAC)	447	1800-1900	-	-
	-	-	597	1800-1900
	-	-	-	-

¹ Turbodmychadlo s mezichladičem

² Chlazení plnicího vzduchu okolním vzduchem

³ Dvě turbodmychadla s mezichladičem

Výkonové charakteristiky motorů CAT

Motor CAT 3412E, 641 kW [29]

Otáčky motoru [min ⁻¹]	Výkon motoru [kW]	Krouticí moment [Nm]	Měrná spotřeba [g/kWh]	Spotřeba paliva [l/h]	Teplota plnicího vzduchu [°C]	Tlak plnicího vzduchu [kPa]	Teplota spalin [°C]	Teplota spalin za turbem [°C]
2100	641,1	2915	1355	221,9	169,5	91,9	61,1	602
2000	641,0	3061	1423	217,4	166,1	92,3	58,7	608
1900	641,0	3222	1497	214,0	163,5	92,2	55,9	616
1800	640,9	3400	1580	211,5	161,6	91,5	52,5	625
1700	612,4	3440	1599	209,7	153,1	90,5	48,3	634
1600	579,1	3456	1606	208,6	144,0	89,5	43,6	644
1500	547,7	3487	1621	208,8	136,3	88,6	38,9	661
1400	518,0	3533	1642	211,0	130,3	87,9	34,2	681
1350	502,3	3553	1651	212,8	127,4	87,6	31,9	691
1100	312,5	2713	1261	222,5	82,9	86,6	20,8	703
900	217,9	2312	1075	227,7	59,1	86,7	13,7	663
700	146,2	1995	927	227,4	39,6	87,7	9,1	579

PŘÍLOHA č. 4, 2/2 [37], [42]**Motor CAT 3508B [34]**

Otáčky motoru [min ⁻¹]	Výkon motoru [kW]	Krouticí moment [Nm]	Měrná spotřeba [g/kWh]	Spotřeba paliva [l/h]	Teplota plnicího vzduchu [°C]	Tlak plnicího vzduchu [kPa]	Teplota spalin [°C]	Teplota spalin za turbem [°C]
1800	970	5146	204,1	236,0	91,3	293,5	572	386
1700	970	5449	201,1	207,6	85,3	253,2	553	378
1600	692	4130	198,8	182,8	79,8	214,2	545	383
1500	680	4329	197,6	163,7	75,4	178,8	556	408
1400	635	4331	198,3	149,8	73,3	151,0	584	450
1300	587	4312	201,3	134,9	72,0	123,4	609	490
1200	524	4170	206,8	110,7	70,7	89,1	603	496
1100	249	2162	214,0	85,0	69,4	54,4	579	478
1000	212	2024	221,2	63,7	68,9	29,0	556	458
900	208	2207	226,1	52,6	69,1	17,1	536	441
800	161	1922	229,0	44,4	69,4	11,0	515	423
700	131	1787	231,9	37,1	69,7	6,3	490	401
600	109	1735	235,9	30,6	70,0	2,4	465	375

Převody jednotek

Seznam jednotek a jejich značení:

°C	Stupeň Celsia
K	Kelvin
kW	Kilowatt
k	Kůň
HP	Horse Power
bhp	Brake Horse Power
kp.cm ⁻²	
N.m ⁻² , Pa	Pascal
atm	Fyzikální atmosféra
rpm	Revolutions per minute
min ⁻¹	Otáčky za minutu

Převody jednotek:

$$1^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

$$1 \text{ Pa} = 9,869 \cdot 10^{-6} \text{ atm}$$

$$1 \text{ kW} = 1,341 \text{ bhp}$$

$$1 \text{ rpm} = 1 \text{ min}^{-1}$$

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ k}$$

$$1 \text{ kW} = 1,341 \text{ HP}$$

$$1 \text{ bhp} = 1 \text{ k}$$

$$1 \text{ kp.cm}^{-2} = 98 \text{ 100 Nm}^2$$

$$1 \text{ kp.cm}^{-2} = 0,968 \text{ atm}$$