

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Technická fakulta

Ústav poľnohospodárskej techniky,
dopravy a bioenergetiky

prof. Ing. Juraj Jablonický, PhD., prof. Ing. Zdenko Tkáč, PhD.
Ing. Juraj Tulík, PhD., Ing. Daniela Uhrinová, PhD., Ing. Ján Polerecký, PhD.

AUTOMOBILOVÉ SPAĽOVACIE MOTORY

Druhé nezmenené vydanie

Nitra 2021
Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
vo Vydavateľstve SPU

Autori: prof. Ing. Juraj Jablonický, PhD. (3,55 AH)
Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
TF, SPU v Nitre

prof. Ing. Zdenko Tkáč, PhD. (2,58 AH)
Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
TF, SPU v Nitre

Ing. Juraj Tulík, PhD. (1,88 AH)
Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
TF, SPU v Nitre

Ing. Daniela Uhrinová, PhD. (1,65 AH)
Stredná odborná škola Polytechnická, ZM

Ing. Ján Polerecký, PhD. (1,19 AH)
S-EKA spol. s r.o.

Recenzenti: prof. Ing. Anton Žila, CSc.

prof. Ing. Maroš Korenko, PhD.
Ústav konštruovania a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 16. 9. 2021
ako skriptá pre študentov SPU.

Táto publikácia bola vytlačená na ekologickom papieri.



© J. Jablonický, Z. Tkáč, J. Tulík, D. Uhrinová, J. Polerecký, Nitra 2021

ISBN 978-80-552-2364-3

Obsah

Úvod	9
1 Rozdelenie piestových spaľovacích motorov	10
1.1 Rozdelenie piestových spaľovacích motorov podľa hľadiska súvisiaceho s pracovným obehom	11
1.2 Rozdelenie piestových spaľovacích motorov podľa konštrukčných hľadísk	12
1.3 Rozdelenie piestových spaľovacích motorov podľa účelu použitia	14
2 Základné pojmy a parametre	15
2.1 Zdvihový objem valca a zdvihový pomer	15
2.2 Kompresný pomer	16
2.3 Rýchlosť piesta a otáčky	17
2.4 Krútiaci moment a výkon	18
2.5 Stredný indikovaný tlak a stredný efektívny tlak	19
2.6 Spotreba paliva	21
2.7 Účinnosť spaľovacích motorov	22
2.8 Spotreba vzduchu a stupeň plnenia valcov	23
2.9 Zmiešavací pomer	25
2.10 Tepelná bilancia spaľovacích motorov	26
3 Fosílna palivá pre spaľovacie motory	27
3.1 Základné parametre benzínu	27
3.1.1 Oktánové číslo	27
3.1.2 Karburačná schopnosť benzínu	29
3.1.2.1 Destilačná krivka	29
3.1.2.2 Tlak pár podľa Rieda	30
3.1.2.3 Výparné teplo	30
3.2 Základné parametre motorovej nafty	31
3.2.1 Destilačná krivka	31
3.2.2 Reaktivita motorovej nafty	32
3.2.3 Obsah síry	33

3.2.4	Karbonizačné číslo.....	33
3.2.5	Viskozita motorovej nafty	33
3.2.6	Chladové vlastnosti motorovej nafty	33
4	Alternatívne palivá pre spaľovacie motory.....	35
4.1	Alternatívne palivá pre zážihové motory.....	35
4.1.1	Plynné palivá	35
4.1.2	Bioplyn	35
4.1.3	Zemný plyn.....	36
4.1.3.1	Stlačený zemný plyn CNG.....	37
4.1.3.2	Skvapalnený zemný plyn LNG.....	38
4.1.4	Skvapalnený propán - bután LPG.....	38
4.1.5	Vodík	39
4.1.6	Kvapalné palivá – oxygenáty	41
4.1.7	Alkoholy	42
4.1.8	Vlastnosti alkoholov	42
4.1.8.1	Metanol	42
4.1.8.2	Etanol	43
4.1.9	Étery.....	44
4.2	Alternatívne palivá pre vznetové motory	44
4.2.1	Biopalivá I. generácie	44
4.2.2	Biopalivá II. generácie.....	45
4.2.3	Biopalivá III. generácie	45
4.2.4	Bionafta 1. generácie	45
4.2.5	Bionafta 2. generácie	46
5	Premena energie na mechanickú prácu.....	49
5.1	Zmeny stavu plynov	49
5.1.1	Izochorická zmena	49
5.1.2	Izobarická zmena	49
5.1.3	Izotermická zmena.....	50
5.1.4	Adiabatická zmena	50

5.2	Ideálne a skutočné obehы spaľovacích motorov	51
5.2.1	Ideálne obehы	52
5.2.1.1	Tepelná účinnosť všeobecného ideálneho obehу	53
5.2.1.2	Základné ideálne obehы, tepelná účinnosť a stredný tlak	55
5.2.2	Skutočné obehы	59
5.3	Pracovné doby dvojdobého zážihového spaľovacieho motora	60
5.4	Pracovné doby štvordobého spaľovacieho motora	61
6	Tvorba zmesi, spaľovanie a zapalovanie v zážihových spaľovacích motoroch	65
6.1	Chybné priebehy horenia	68
6.2	Činitele ovplyvňujúce priebeh spaľovania v zážihových motoroch	72
6.3	Spaľovacie priestory	74
6.3.1	Spaľovací priestor vytvorený v hlave valca	76
6.3.2	Spaľovací priestor pre priame vstrekovanie benzínu	76
6.4	Spôsob tvorby zmesi u motorov s priamym vstrekom FSI	77
6.4.1	Plné zaťaženie	79
6.4.2	Čiastočné zaťaženie	80
6.4.3	Dvojité vstrekovanie	81
6.4.3.1	Dvojité vstrekovanie pre ohrev katalytického konvertora (katalyzátora)	81
6.4.3.2	Dvojité vstrekovanie pre plné zaťaženie spaľovacieho motora	81
6.4.4	Prevádzkové režimy	82
6.5	Spôsob tvorby zmesi u motorov s priamym vstrekom GDI	83
6.5.1	Plné zaťaženie	84
6.5.2	Čiastočné zaťaženie	85
6.6	Zapalovanie	86
6.7	Zapaľovacie systémy	88
7	Tvorba zmesi, vznietenie a spaľovanie u vznietových motorov	98
7.1	Spaľovacie priestory vznietových spaľovacích motorov	100
7.1.1	Vznietové spaľovacie motory s priamym vstrekom paliva – nedelený spaľovací priestor	101

7.1.2	Vznetové spaľovacie motory s nepriamym vstrekom paliva – delený spaľovací priestor	104
7.1.2.1	Tlakové komôrky	106
7.1.2.2	Vírivé komôrky	106
7.1.2.3	Vzduchové komôrky	107
7.2	Priebeh spaľovania vo vznetových motoroch.....	108
7.3	Systémy vstrekovania nafty	110
7.3.1	Radové vstrekovacie čerpadlá	111
7.3.2	Rotačné vstrekovacie čerpadlá s axiálnym piestom	111
7.3.3	Rotačné vstrekovacie čerpadlá s radiálnymi piestami.....	113
7.3.4	Združená vstrekovacia jednotka.....	114
7.3.5	Samostatné vstrekovacie jednotky (PLD)	115
7.3.6	Palivová sústava s tlakovým zásobníkom Common Rail.....	116
7.4	Žhavenie a predžhavenie	118
8	Preplňovanie spaľovacích motorov	121
8.1	Mechanické preplňovanie	122
8.2	Preplňovanie turbodúchadlom	124
8.3	Kompoundné preplňovanie.....	133
8.4	Preplňovanie tlakovými vlnami	135
9	Spaľovací motor a životné prostredie	137
9.1	Zložky výfukových plynov	139
9.1.1	Vodná para.....	139
9.1.2	Oxid uhličitý	140
9.1.3	Dusík.....	140
9.1.4	Oxidy dusíka.....	140
9.1.5	Oxid uhoľnatý.....	142
9.1.6	Nespálené uhl'ovodíky	143
9.1.7	Pevné častice.....	143
9.1.8	Oxid siričitý	144
9.1.9	Nebezpečné látky znečisťujúce ovzdušie	145

9.1.10 Toxicita	145
10 Redukcie emisií škodlivých látok v spaľovacích motoroch	148
10.1 Požiadavky na spaľovacie motory	148
10.1.1 Kompresný pomer	148
10.1.2 Tvar spaľovacieho priestoru	149
10.1.3 Poloha zapalovacej sviečky.....	149
10.1.4 Časovanie ventilov	149
10.1.5 Usporiadanie nasávacieho systému	150
10.1.6 Vyššie otáčky motora	151
10.1.7 Zaťaženie motora.....	151
10.1.8 Rýchlosť vozidla.....	151
10.2 Snímač obsahu kyslíka	152
10.2.1 Skoková lambda sonda	154
10.2.1.1 Odporová lambda sonda	155
10.2.1.2 Napäťová lambda sonda	155
10.2.2 Širokopásmová lambda sonda	156
10.3 Katalytické konvertory výfukových plynov – katalyzátory	157
10.3.1 Katalytický konvertor s neriadeným systémom prípravy zmesi – neriadený katalyzátor	158
10.3.2 Katalytický konvertor s riadeným systémom prípravy zmesi – riadený katalyzátor	159
10.3.3 Diesel oxidačný katalytický konvertor - katalyzátor	160
10.3.4 Zásobníkový katalytický konvertor NOx	161
10.4 Recirkulácia výfukových plynov	163
10.4.1 Selektívna katalytická redukcia	165
10.4.2 Systém sekundárneho vzduchu.....	167
11 Metodika výkonu skúšok emisných kontrol cestných motorových vozidiel.....	168
Zoznam použitej literatúry	173

Úvod

Skriptá z predmetu Automobilové spaľovacie motory sú určené pre študentov na prvom stupni vysokoškolského štúdia so zameraním na študijné programy Prevádzka dopravných a manipulačných strojov a Výrobné technológie pre automobilový priemysel. Skriptá však môžu slúžiť ako vhodný doplňujúci študijný materiál aj pre študentov, ktorí študujú na príbuzných študijných programoch.

Cieľom skrípt Automobilové spaľovacie motory je oboznámiť študentov s teóriou a konštrukciou spaľovacích motorov. Pozornosť je zameraná na základné vzťahy a definície z oblasti spaľovacích motorov, zdroje energie pre pohon spaľovacích motorov, ako aj premene energie na mechanickú prácu.

Ďalšia časť skrípt je venovaná problematike tvorby zmesi a spaľovaniu v zážihových a vznietových motoroch, preplňovaniu spaľovacích motorov.

V záverečnej časti skrípt Automobilové spaľovacie motory sa autori zamerali zloženie výfukových plynov, ktoré vznikajú v procese horenia paliva v pracovnom priestore, možnosťami ich znižovania a v tejto časti sú popísané metodiky výkonu skúšok emisného stavu vozidlových spaľovacích motorov.

Absolventi predmetu Automobilové spaľovacie motory by mali získať teoretické vedomosti o funkciách a konštrukciách spaľovacích motorov o dejoch, ktoré prebiehajú počas spaľovania zmesi a v procesoch, ktoré sú spojené s redukciou škodlivých emisií vo výfukových plynách.

PodĎakovanie

Kolektív autorov touto cestou ďakuje recenzentom, ktorí svojimi odbornými pripomienkami a radami prispeli k zvýšeniu kvality vysokoškolských skrípt Automobilové spaľovacie motory.

Skriptá vznikli s podporou grantového projektu VEGA č. 1/0464/17 „Sledovanie vplyvu ekologických palív získaných z poľnohospodárskej produkcie a prímiesí do uhl'ovodíkových palív na technické a ekologické parametre spaľovacích motorov používaných v poľnohospodárskej a dopravnej technike“.

Autori	prof. Ing. Juraj Jablonický, PhD. prof. Ing. Zdenko Tkáč, PhD. Ing. Juraj Tulík, PhD. Ing. Daniela Uhrinová, PhD. Ing. Ján Polerecký, PhD.
Názov	AUTOMOBILOVÉ SPAĽOVACIE MOTORY
Určené	Pre študentov SPU
Vydavateľ	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie	Druhé nezmenené
Vytlačené	September 2021
Náklad	100 kusov
Počet strán	176
AH – VH	10,85 – 11,11
Tlač	Vydavateľstvo SPU v Nitre
ISBN 978-80-552-2364-3	Cena 4 €

Rukopis neprešiel redakčnou úpravou vo vydavateľstve.
Za odbornú náplň vydania zodpovedajú autori.

