

IVAN VITÁZEK, ZDENKO TKÁČ, RADOSLAV MAJDAN

VNÚTORNÉ PROSTREDIE V AUTOMOBILOCH
Prvky výbavy a ich hodnotenie



NITRA 2021

Názov: Vnútročné prostredie v automobiloch
Prvky výbavy a ich hodnotenie

Autori: doc. Ing. Ivan Vitázek, CSc. (2,72 AH)
Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
TF, SPU v Nitre

prof. Ing. Zdenko Tkáč, PhD. (2,72 AH)
Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
TF, SPU v Nitre

doc. Ing. Radoslav Majdan, PhD. (2,71 AH)
Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky
TF, SPU v Nitre

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

prof. Ing. Anton Žikla, CSc.

Učebnica vznikla v rámci projektu KEGA č. 029SPU-4/2019 "Modernizácia laboratória tepelnej techniky a tvorba metódik experimentov".

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 2. 12. 2021 ako vysokoškolskú učebnicu pre študentov SPU v Nitre.

Táto publikácia bola vytlačená na ekologickom papieri.



© Ivan Vitázek, Zdenko Tkáč, Radoslav Majdan

ISBN 978-80-552-2424-4

OBSAH

POUŽITÉ OZNAČENIA	7
PREDHOVOR	11
1 MECHANIKA VLHKÉHO VZDUCHU	13
1.1 VLASTNOSTI VLHKÉHO VZDUCHU	13
1.2 DIAGRAMY VLHKÉHO VZDUCHU	15
1.3 IZOBARICKÉ ZMENY STAVU VLHKÉHO VZDUCHU	15
1.4 MERANIE PARAMETROV VLHKÉHO VZDUCHU	17
1.4.1 Zadanie úlohy	17
1.4.2 Prístroje, zariadenia a pomôcky	18
1.4.3 Metodika merania, spracovania a vyhodnotenia výsledkov	18
2 CHARAKTERISTIKA MIKROKLÍMY V AUTOMOBILOCH	20
2.1 TEPELNÁ POHODA	20
2.2 MIKROKLÍMA VO VOZIDLE	20
2.2.1 Teplota vzduchu	21
2.2.2 Radiačná teplota	22
2.2.3 Povrchová teplota	22
2.2.4 Relatívna vlhkosť vzduchu	23
2.2.5 Rýchlosť prúdenia vzduchu	23
2.2.6 Čistota vzduchu	23
2.3 FAKTORY TEPELNEJ POHODY	24
2.3.1 Tepelná rovnováha človeka	24
2.3.2 Ochladzovanie tela vyparovaním potu	25
2.3.3 Ochladzovanie tela dýchaním	25
2.3.4 Ochladzovanie tela konvekciou	26
2.3.5 Ochladzovanie tela sálaním	26
2.4 HODNOTENIE TEPELNEJ POHODY	26
2.4.1 Spôsoby vyhodnocovania tepelnej pohody.....	27
2.4.2 Podiel ľudí obťažovaných prievanom - index DR.....	28
2.4.3 Operatívna teplota t_{op}	28
2.4.4 Požiadavky na mikroklimu vodiča a spolujazdcov	29
2.5 MODEL Y TEPELNÉHO KOMFORTU	30
2.6 MERANIE TEPELNÉHO KOMFORTU	31
2.6.1 Samostatné snímače s integrovaným vyhrievaním	31
2.6.1.1 Plošné vyhrievané snímače	31
2.6.1.2 Samostatné vyhrievané guľovité snímače	32
2.7 TEPELNÝ MANEKÝN A JEHO VYUŽITIE PRI MERANÍ TEPELNÉHO KOMFORTU	32
2.7.1 História tepelných manekýnov	33
2.7.1.1 Začiatky vývoja tepelných manekýnov	33
2.7.1.2 Tepelný manekýn počas 2. svetovej vojny	33
2.7.1.3 Tepelný manekýn počas 50-tych rokov	33
2.7.1.4 Tepelný manekýn počas 60-tych rokov	33

2.7.1.5 Tepelný manekýn počas 70-tych rokov	34
2.7.1.6 Tepelný manekýn počas 80-tych rokov po súčasnosť	34
2.7.2 Manekýn NEWTON	34
2.8 KLIMATICKÁ KOMORA	36
2.8.1 Meranie teploty v interiéri automobilu	36
2.8.2 Systémy vylepšujúce teplotné pomery v interiéri automobilu	38
2.8.3 Experimentálne hodnotenie teploty v interiéri automobilu	38
2.8.3.1 Meranie č.1	40
2.8.3.2 Meranie č.2	40
2.8.3.3 Meranie č.3	41
2.8.4 Prúdenie vzduchu v kabíne vozidla	42
2.8.5 Zníženie tepelnej záťaže	43
3 MOŽNOSTI ÚPRAVY VNÚTORNÉHO PROSTREDIA	45
3.1 VETRANIE	45
3.2 VYKUROVANIE	46
3.2.1 Regulácia teploty zmenou prietoku chladiacej kvapaliny	47
3.2.2 Regulácia teploty zmiešavaním ohriateho a čerstvého vzduchu	47
3.2.3 Regulácia elektronickým riadením teploty	48
3.3 PRÍDAVNÉ VYKUROVACIE SYSTÉMY	48
3.3.1 Teplovodné vykurovanie Hydronic	49
3.3.2 Teplovzdušné vykurovanie Airtronic	49
3.3.3 Ovládacie prvky vykurovania	50
3.3.4 Výhody nezávislého vykurovania motorových vozidiel	50
3.4 KLIMATIZÁCIA	51
3.4.1 Typy kompresorov	52
3.4.1.1 Piestový kompresor	53
3.4.1.2 Lamelový kompresor	54
3.4.1.3 Špirálový kompresor	54
3.4.2 Kondenzátor	55
3.4.2.1 Duálny kondenzátor	56
3.4.3 Akumulátor chladiwa	56
3.4.4 Zásobník chladiwa so sušiacim filtrom	57
3.4.5 Kabínový filter	58
3.4.6 Výparník	59
3.4.7 Expanzný ventil	60
3.4.8 Trubica s kapilárou	61
3.5 SPÔSOBY OVLÁDANIA KLIMATIZÁCIE	62
3.5.1 Manuálne ovládanie	62
3.5.2 Poloautomatické ovládanie	63
3.5.3 Automatické ovládanie	63
3.6 TYPY AUTOMATICKEJ KLIMATIZÁCIE	64
3.6.1 Jednozónové automatické ovládanie klimatizácie	65
3.6.2 Dvojzónové automatické ovládanie klimatizácie	65
3.6.3 Trojzónové automatické ovládanie klimatizácie	65
3.6.4 Štvorzónové automatické ovládanie klimatizácie	65

3.7 POHON KOMPRESORA KLIMATIZÁCIE ELEKTROMOTOROM	65
3.8 CHLADIVÁ	67
3.8.1 Hodnotenie chladív z ekologického hľadiska	67
3.8.2 Charakteristika a parametre chladív	68
3.8.3 Označovanie chladív	69
3.9 SÚČASNÉ TRENDY V ÚPRAVE VNÚTORNÉHO PROSTREDIA AUTOMOBILOV	71
3.9.1 Tepelné čerpadlo v elektromobiloch	71
3.9.2 Prídavné vykurovacie systémy pre hybridy a elektromobily	72
3.9.3 Infračervené a termoelektrické vykurovacie systémy	73
3.9.4 HVAC v elektromobile	73
3.9.5 Možnosti negatívneho pôsobenia klimatizácie	78
3.9.6 Najčastejšie problémy a poruchy klimatizácie v aute	79
3.9.7 Dezinfekcia vnútorného prostredia automobilu ozónom	79
4 VYHRIEVANÉ SEDADLÁ V AUTOMOBILOCH	81
4.1 MOŽNOSTI ÚPRAVY TEPLOTY	81
4.1.1 Vyhrievané sedadlá	82
4.1.1.1 Optimálna teplota vyhrievaného sedadla	82
4.1.1.2 Kritická teplota vyhrievaného sedadla	82
4.1.1.3 Externé možnosti ohrevu	83
4.1.2 Klimatizované sedadlá	84
4.2 MERANIE STAVU VYHRIEVANÉHO SEDADLA	85
4.2.1 Termogramy vyhrievaných sedadiel	86
5 OSVETLENIE AUTOMOBILOV	87
5.1 FYZIKÁLNE VLASTNOSTI SVETLA	87
5.1.1 Základné veličiny	87
5.2 PLATNÁ LEGISLATÍVA	88
5.3 HISTÓRIA OSVETLENIA AUTOMOBILOV	90
5.4 ZDROJE SVETLA POUŽÍVANÉ V AUTOMOBILOCH	92
5.4.1 Klasické žiarovky	92
5.4.2 Halogénové žiarovky	92
5.4.3 Žiarivky	93
5.4.4 Xenónové výbojky	94
5.4.5 Svetlo emitujúce diódy (LED)	94
5.5 SVETLOMETY A ICH KONŠTRUKCIA	96
5.5.1 Paraboloidný svetlomet	96
5.5.2 Elipsoidné svetlomety	97
5.5.3 Svetlomety s voľnými plochami	97
5.5.4 Adaptívne svetlomety	97
5.5.5 LED svetlomety	98
5.5.6 Laserové svetlomety	99
5.6 DIAGNOSTIKA, KONTROLA A NASTAVENIE SVETLOMETOV	100

OBSAH

5.6.1	Kontrola svetlometov a metodika merania	100
5.6.2	Postup kontroly nastavenia stretávacích svetiel	100
5.6.3	Postup nastavenia diaľkových svetlometov	102
5.6.4	Postup kontroly nastavenia svetlometov do hmly	102
5.6.5	Porovnanie intenzity osvetlenia svetlometu pred a po renovácii krycieho skla	103
6	HODNOTENIE STAVU MIKROKLÍMY V AUTOMOBILOCH	106
6.1	ZÁKLADNÉ POJMY A ROZBOR MERANIA	106
6.1.1	Hodnotenie pomocou fyzikálnych veličín	106
6.1.2	Kontrolné meranie vykurovania pri stojacom vozidle	107
6.1.3	Kontrolné meranie vykurovania vo vozidle v premávke	108
6.1.4	Kontrolné meranie ochladzovania vo vozidle v premávke	108
6.1.5	Kontrolné meranie vyhrievania sedadla	110
6.2	MERACIE PRÍSTROJE A POMÔCKY	110
6.2.1	Commeter THZ1	110
6.2.2	Extech MO 297	110
6.2.3	Almemo MA2590AS	111
6.2.4	Almemo FHD 46-C2	112
6.2.5	Termovízna kamera FLIR T335	112
6.2.6	Digitálny teplomer DT012C	113
6.2.7	Softvér Flir Tools	113
6.2.8	Vrtuľový anemometer Almemo FVAD5S120	114
6.3	VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ	114
6.3.1	Meranie parametrov mikroklimy počas vykurovania	114
6.3.2	Meranie parametrov mikroklimy počas ochladzovania	116
6.3.3	Termogramy sledovaných povrchov	117
6.4	MERANIE SPOTREBY PALIVA	119
L I T E R A T Ú R A		121
P R Í L O H A		131
	Metrologický doplnok	133
	i-x diagram vlhkého vzduchu do 50 °C	

POUŽITÉ OZNAČENIA

Symbol	Jednotka	Význam
a	m.s^{-2}	zrýchlenie
A	m^2	povrch
c	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	hmotnostná tepelná kapacita
c	$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$	koeficient žiarenia, koeficient vzájomného sálania
e	W.m^{-2}	hustota žiarivého toku energie
e	-	základ prirodzeného logaritmu
e	kg.kWh^{-1}	emisie CO_2 na 1 kWh spotreby elektrickej energie
E	lx	intenzita osvetlenia
E	kWh	ročná spotreba elektrickej energie
f	-	faktor spätného získavania chladiva
f	-	koeficient zväčšenia povrchu
F	N	sila
g	m.s^{-2}	gravitačné zrýchlenie
i	J.kg^{-1}	špecifická (hmotnostná) entalpia
I	J	entalpia
I	cd	svietivosť
l	J.kg^{-1}	špecifické skupenské teplo
L	kg.rok^{-1}	únik chladiva do atmosféry netesnosťami
L	cd.m^{-2}	jas
m	kg	hmotnosť
M	kg.s^{-1}	hmotnostný tok
M	kg.mol^{-1}	molová hmotnosť
n	mol	látkové množstvo
n	rok	prevádzkový čas zariadenia do konca životnosti
n	$\text{s}^{-1}; \text{min}^{-1}$	otáčky
p	Pa	tlak
Δp	Pa	pretlak, podtlak
P	W	výkon, príkon
$\dot{q}$	W.m^{-2}	hustota tepelného toku energie
Q	J	teplo
$\dot{Q}$	W	tepelný tok energie
r	J.kg^{-1}	špecifické výparné teplo vody
r	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$	špecifická plynová konštanta
R	$\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$	tepelný odpor
s	m	hrúbka
s	%	sklon svetlometu
S	m^2	plošný obsah prierezu, plocha

POUŽITÉ OZNAČENIA

t	s	čas
t	°C	teplota v Celziovej stupnici
T	K	teplota v termodynamickej stupnici
Tu	-	intenzita turbulencie
U	W.m ⁻² .K ⁻¹	koeficient prechodu tepla
v	m.s ⁻¹	rýchlosť
V	m ³	objem
w	m.s ⁻¹	rýchlosť prúdenia
x	kg.kg ⁻¹	špecifická (merná) vlhkosť vzduchu
z	m	hĺbka, výška, súradnica
α	W.m ⁻² .K ⁻¹	koeficient prestupu tepla
α	°	uhol (sklonu)
β	kg.s ⁻¹ .m ⁻² .Pa ⁻¹	koeficient difúznej priepustnosti
γ	K ⁻¹	koeficient teplotnej objemovej rozťažnosti
ε	-	chladiaci faktor
ε	-	relatívna žiarivosť
η	-	účinnosť
κ	-	izentropický exponent, Poissonova konštanta
λ	nm	vlnová dĺžka
ν	m ² .s ⁻¹	kinematická viskozita
ρ	kg.m ⁻³	hustota
τ	s	čas
φ	-; %	relatívna vlhkosť vzduchu
Φ	lm	svetelný tok

Indexy - dolné

0	východzí stav
1	vztiahnutý k začiatku deja
2	vztiahnutý ku koncu deja
a	atmosférický
ad	adiabatický (teplota medzného adiabatického ochladenia)
d	diaľkový (vztiahnutý k diaľkovému svetlometu)
d	dýchaním
e	externý (vonkajší)
el	elektrický
ef	efektívny
eq	ekvivalentný
g	vztiahnutý ku guľovému teplomeru
i	interný (vnútorný)
k	vztiahnutý ku konvekci
LS	vztiahnutý k suchému prostrediu

mp	vztiahnutý k mokrej pare
n	vztiahnutý k vedeniu tepla
o	vztiahnutý k okoliu
p	pri konštantnom tlaku
p	vztiahnutý k pare
p	vztiahnutý k pokožke
pr	vztiahnutý k prehriatej pare
op	operatívny
r	radiačný (á) (napr. teplota)
rb	vztiahnutý k rosnému bodu
s	vztiahnutý k povrchu
s	sálavý
SV	suchý vzduch
t	technická (napr. práca)
t	tepelná (napr. účinnosť)
u	vztiahnutý k účinnému (povrchu, teplote ...)
v	vztiahnutý k vode, príp. k vzduchu
v	vyparováním
vyd	vydychovaný
V	vztiahnutý k vlhkosti
VV	vlhký vzduch
w	vztiahnutý k pare
z	základný
1+x	vztiahnutý k vlhkému vzduchu

Indexy - horné

<i>l</i>	vztiahnutý k vriacej (sýtej) kvapaline
<i>ll</i>	vztiahnutý k sýtej pare (bodu nasýtenia)

Značky

A	absorbér
CCS	Climate Control Sensor (snímač kontroly kvality vzduchu)
CFC	chloro-fluóro-uhl'ovodíky; úplne halogenované uhl'ovodíky (chladivá)
COP	Coefficient of Performance (výkonový koeficient (číslo))
Č	čerpadlo
FF	Free Flats (voľné plochy)
G	generátor (vypudzovač)
GWP	Global Warming Potential (potenciál globálneho otepľovania, skleníkový potenciál chladiva vztiahnutý na 1 kg CO ₂)
HC	čisté uhl'ovodíky
HCFC	hydro-chloro-fluóro-uhl'ovodíky; čiastočne halogenované uhl'ovodíky

POUŽITÉ OZNAČENIA

HFC	hydro-fluóro-uhl'ovodíky; fluorované uhl'ovodíky
HFO	hydro-fluór-olefíny (chladivá)
HVAC	vykurovacía, ventilačná a klimatizačná jednotka
Ch	chladič
K	kompresor
O	ohrievač
ODP	Ozone Depletion Potential (potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy)
P	adiabatická práčka
PMV	Predicted Mean Vote (v texte znamená priemerný tepelný pocit, resp. predpovedá priemernú komfortnú reakciu väčšej skupiny ľudí)
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied (v texte podiel nespokojných ľudí)
PTC	elektrický ohrievač
R	označenie pre chladivá
RH	Relative Humidity (relatívna vlhkosť)
RV	redukčný ventil
TČ	tepelné čerpadlo
TEWI	Total Equivalent Warming Impact (celkový dopad na globálne oteplenie)
V	ventilátor
V	výparník
Z	kondenzátor (zrážnik)

PREDHOVOR

Automobilová doprava je v súčasnosti veľmi rozšírená a využívaná. Ľudia trávajú množstvo času vo vnútornom priestore automobilu. Tak isto ako v iných uzavretých priestoroch, aj v kabíne automobilu je potrebné zabezpečiť vyhovujúce podmienky. V danom prípade ide o zdravie, bezpečie, ale aj komfort vodiča a spolucestujúcich.

Ústav poľnohospodárskej techniky, dopravy a bioenergetiky TF SPU v Nitre sa okrem iného zameriava aj na problematiku automobilov. Preto bola v rámci grantového projektu KEGA riešená problematika mikroklimy v kabínach automobilov.

Vysokoškolská učebnica je určená študentom technického zamerania a ako vyplýva z názvu, zaoberá sa problematikou vnútorného prostredia (mikroklimy) v kabínach automobilov vrátane prvkov ich výbavy.

Obsah učebnice je rozdelený do šiestich kapitol. Prvá kapitola sa zaoberá problematikou vlhkého vzduchu. Bez základných znalostí vlastností vlhkého vzduchu a možnosti ich sledovania nie je možné zvládnuť problematiku tepelnej pohody a hodnotenia mikroklimy vo vozidle. Tej je venovaná druhá kapitola. Sú tu uvedené teoretické i praktické poznatky z oblasti definovania mikroklimy vo vozidle, faktorov tepelnej pohody a jej hodnotenia, uvedené sú modely tepelného komfortu a hlavná pozornosť je venovaná experimentálnemu hodnoteniu teploty v interiéri automobilu vrátane výsledkov meraní. Tretia kapitola sa zaoberá možnosťami úpravy vnútorného prostredia, ako je vetranie, vykurovanie a klimatizácia nielen z pohľadu činnosti, ale aj popisu jednotlivých súčastí a spôsobov ovládania. Uvedená je tu charakteristika chladív a možné trendy ďalšieho smerovania v úprave vnútorného prostredia.

V súčasnosti nastáva elektrifikácia dopravy používaním elektromobilov. Konvenčné automobily sa od nich odlišujú využívaním odpadového tepla spaľovacieho motora na vykurovanie kabíny. V hybridných automobiloch, ktoré sú určitým medzistupňom v postupnej elektrifikácii, sa ešte spaľovací motor nachádza, no v elektromobiloch nie. Preto sa hľadajú nové technológie na úpravu vnútorného prostredia. K tepelnej pohode v automobile prispieva nielen požadovaná teplota vzduchu, ale aj čoraz častejšie aj možnosti vyhrievania sedadiel. Tejto problematike je venovaná štvrtá kapitola, kde sú uvedené aj výsledky experimentálnych meraní vrátane termogramov. Piata kapitola sa zaoberá osvetlením automobilov, a to prednými svetlometmi. Relatívne by sa mohlo zdať, že osvetlenie automobilov nesúvisí s vnútorným prostredím, resp. sa týka len osvetlenia interiéru, zvlášť v MHD. Skúsenosti z prevádzky automobilov, ako aj rozbor a analýza nehodovosti pri jazde v noci a za zníženej viditeľnosti potvrdzujú, že bezpečnosť cestnej premávky okrem iného závisí aj od osvetlenia automobilu. V tejto kapitole sú uvedené aj výsledky porovnania intenzity osvetlenia pred a po renovácii krycieho skla svetlometu. Šiesta kapitola je venovaná hodnoteniu vnútorného prostredia automobilu. Okrem spôsobov merania (metodík) jednotlivých fyzikálnych veličín je tu uvedený aj popis potrebných meracích prístrojov a uvedené sú vzorové tabuľky pre zapisovanie nameraných hodnôt. Na záver kapitoly je uvedené meranie spotreby paliva v premávke so zameraním na posúdenie

vplyvu zariadení na úpravu vnútorného prostredia na hospodárnosť automobilu. V prílohe je uvedený Metrologický doplnok, kde sú uvedené okrem základných jednotiek SI aj prepočty vybraných anglo-amerických jednotiek. Je to z dôvodu, že v zahraničnej literatúre sa s nimi často stretávame. Okrem toho sa v prílohe nachádza i-x diagram vlhkého vzduchu do 50 °C pre potreby aspoň základného znázornenia a odčítania parametrov vlhkého vzduchu.

Nakoľko je uvedená problematika pomerne zložitá, daný rozsah publikácie neumožňuje vyčerpávajúcim spôsobom pokryť všetky jej možnosti. Vhodné je siahnuť i po učebnici z Teplototechniky a hydrotechniky, kde sú uvedené okrem iného aj poznatky z oblasti šírenia tepla, výmenníkov tepla, teórie chladiacich obehov vrátane tepelných čerpadiel a tiež kinematiky a dynamiky prúdenia tekutín. V návodoch na cvičenia z uvedeného predmetu sa nachádzajú metodiky experimentálnych meraní, napr. parametrov vlhkého vzduchu, vykurovacieho telesa, tepelného čerpadla, charakteristiky ventilátora, termovízných meraní a pod. Cieľom autorov je aj doplniť poznatky uvedených publikácií, aby poskytovali ucelené informácie aj pre oblasť vnútorného prostredia automobilov.

Predložená učebnica svojim obsahom predstavuje doplňujúcu učebnú pomôcku pre študijný program: Automobilové dopravné systémy, Dopravné stroje a zariadenia, Výrobné technológie pre automobilový priemysel, ktoré spájajú viacero oblastí prevádzky automobilov v súlade so študijnými osnovami.

Za čas strávený pri recenzii učebnice, za precízne posúdenie textu, cenné odborné i didaktické rady ďakujeme prof. Ing. Marošovi Korenkovi, PhD. a prof. Ing. Antonovi Žiklovi, CSc.

Srdečne ďakujeme pracovníkom Vydavateľstva SPU v Nitre, pracovníčke Slovenskej poľnohospodárskej knižnice PhDr. Ľubici Jamborovej, PhD., za edičnú, technickú a grafickú pomoc, spolupracovníkom z katedry a všetkým, ktorí prispeli k vydaniu tejto publikácie.

Nitra, 2021

Autori

Autori:

Ivan Vitázek – Zdenko Tkáč – Radoslav Majdan

Názov:

VNÚTORNÉ PROSTREDIE V AUTOMOBILOCH

Prvky výbavy a ich hodnotenie

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Náklad: 60

Rok vydania: 2021

AH-VH: 8,15 – 8,36

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

ISBN 978-80-552-2424-4