

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Diplomová práce

**Vliv prostředí v kabině vozidla na vnímání
vizuálních podnětů řidiče**

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Hart, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Jaromír Cejpek

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jaromír Cejpek

Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Název práce

Vliv prostředí v kabině vozidla na vnímání vizuálních podnětů řidiče

Název anglicky

Influence of the environment in the cab of the vehicle on the driver's perception of visual stimuli

Cíle práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku vlivu prostředí v kabině vozidla na vnímání vizuálních podnětů řidiče. Hlavním cílem je provést zhodnocení zabývající se změnou pozornosti řidičů na jednotlivé typy mikroklimatu.

Dílní cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky,
- popsat prostředí kabiny vozidla, jeho vývoj a jeho vliv na řidiče,
- definovat rizika, která mohou vést ke kritickým scénářům
- ověřit pozornost řidičů a její vliv na aktuální prostředí v kabině vozidla.

Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Praktická část práce je zaměřena na zhodnocení změn v pozornosti řidičů na základě vlivů prostředí a rozbor rizikových faktorů, které mohou vést ke kritickým scénářům. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků praktické části práce budou formulovány závěry diplomové práce.

Osnova práce:

- 1 Úvod
- 2 Cíl práce
- 3 Metodika práce
- 4 Přehled řešené problematiky
- 5 Praktická část práce
- 6 Výsledky a jejich hodnocení
- 7 Závěr
- 8 Seznam použitých zdrojů



Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

mikroklima, rizika, pozornost

Doporučené zdroje informací

DĚSI, I. *Tajemný mozek*. Praha: Orbis, 1976.

HEŘMAN, J., et al.: *Elektrotechnické a telekomunikační instalace*. Praha: Verlag Dashöfer, 2008. ISSN 1803-0475.

KOUKOLÍK, F. *Lidský mozek : funkční systémy : normy a poruchy*. Praha: Portál, 2000. ISBN 80-7178-379-.

OREL, M. – FACOVÁ, V. *Člověk, jeho mozek a svět*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2617-5.

PŘIBYL, P. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. DOPRAVNÍ FAKULTA. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03648-8.

PŘIBYL, P. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. DOPRAVNÍ FAKULTA. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03122-5.

PŘIBYL, P. – SVÍTEK, M. – HOSPODÁŘSKÁ KOMORA HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY. DOPRAVNÍ SEKCE, – SDRUŽENÍ PRO DOPRAVNÍ TELEMATIKU ČR. *Inteligentní dopravní systémy*. Praha: BEN – technická literatura, 2001. ISBN 80-7300-029-6.

SEARLE, J R. – NEKULA, M. *Mysl, mozek a věda*. Praha: Mladá fronta, 1994. ISBN 80-204-0509-7.

VALUCH, J M. *Neurotechnologie, mozek a souvislosti*. Praha: Gradior Galaxy, 1997.

Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jan Hart, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2021

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 11. 2021

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Vliv prostředí v kabině vozidla na vnímání vizuálních podnětů řidiče“ vypracoval samostatně a použil jen prameny, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne:

.....

Bc. Jaromír Cejpek

Poděkování

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Janu Hartovi, Ph.D. za odborné vedení, za ochotu a podnětné připomínky při psaní této práce.

Abstrakt

Byl zkoumán vliv teploty v prostředí kabiny automobilu na rychlost reakce řidiče. Byl popsán vliv teploty na lidský organismus, systém ovlivňující teplotu mikroklimatu v kabině automobilu, bezpečnostní prvky a asistenti řízení. Uvádí se aktuální stav autonomních automobilů. Samotný výzkum byl prováděn na 6 účastnících při třech různých teplotách a to 14 °C, 21 °C a 28 °C. Jednotlivým účastníkům bylo naměřeno 15 hodnot reakce na vizuální podnět při každé uvedené teplotě. Z analýzy výsledku bylo patrné, že nejlepších výsledků bylo dosaženo při komfortní teplotě 21 °C. Dále byl vyhodnocen průměrný čas zpoždění reakce, který byl zásadně horší než u popsaných bezpečnostních systémů. V závěru je zhodnocení výsledků a shrnutí řešené problematiky.

Klíčová slova

mikroklima, teplota, rizika, pozornost, automobil, bezpečnost

Influence of the environment in the cab of the vehicle on the driver's perception of visual stimuli

Summary

This paper studied the influence of temperature in the car cabin on the driver's reaction speed. The things that have been described are influence of temperature on the human organism, the system affecting temperature of microclimate in the car cabin, safety elements and driving assistance. The current state of autonomous automobiles is also described. The practise test was realized with 6 participants in three different temperatures which have been 14, 21 and 28. It was measured 15 different reaction values on each participant during each temperature. It was apparent from analyzing the result that the best results have been achieved during the comfortable temperature of 21. The average delay reaction time of participants has also been evaluated which has been considerably worse than with described safety systems. The assessment of the final results and a conclusion is placed in the end.

Keywords

microclimate, temperature, risks, attention, automobile, safety

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍL PRÁCE	2
3	METODIKA PRÁCE.....	3
4	PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	4
4.1	VLIV TEPLoty NA ČLOVĚKA	4
4.1.1	<i>Působení vysokých teplot</i>	<i>5</i>
4.1.2	<i>Působení nízkých teplot.....</i>	<i>7</i>
4.2	ŘEŠENÍ VZDUCHOTECHNIKY V AUTĚ.....	8
4.2.1	<i>Princip předávání tepla mezi vzduchem a částmi vzduchotechniky</i>	<i>9</i>
4.2.2	<i>Části vzduchotechniky</i>	<i>13</i>
4.2.3	<i>Ohřev vzduchu.....</i>	<i>14</i>
4.2.4	<i>Ochlazení vzduchu.....</i>	<i>17</i>
4.3	SYSTÉMY PREVENCE SNÍŽENÉ POZORNOSTI.....	24
4.3.1	<i>Elektronické stabilizační systémy</i>	<i>25</i>
4.3.2	<i>Systém regulující otáčení kol</i>	<i>26</i>
4.3.3	<i>Brzdoví asistenti</i>	<i>26</i>
4.3.4	<i>Asistent jízdy v kolonách.....</i>	<i>27</i>
4.3.5	<i>Systém sledování jízdního pruhu</i>	<i>27</i>
4.3.6	<i>Kontrola mrtvého úhlu</i>	<i>28</i>
4.3.7	<i>Adaptivní tempomat a funkce nouzové brzdy city.....</i>	<i>28</i>
4.3.8	<i>Multikolizní brzda.....</i>	<i>29</i>
4.3.9	<i>Systém k rozpoznání únavy řidiče.....</i>	<i>29</i>
4.3.10	<i>Systém nočního vidění</i>	<i>30</i>
4.3.11	<i>Adaptivní světlomety.....</i>	<i>30</i>
4.3.12	<i>Rozpoznávání dopravních značek.....</i>	<i>31</i>
4.3.13	<i>Rozpoznávání chodců a cyklistů.....</i>	<i>31</i>
4.3.14	<i>Bezpečnostní funkce MyKey</i>	<i>32</i>
4.3.15	<i>Automatický parkovací asistent</i>	<i>32</i>

4.3.16	<i>System upozornění na vozidla blížící se z boku</i>	33
4.3.17	<i>Navigační systém</i>	33
4.4	SYSTÉMY PASIVNÍ BEZPEČNOSTI A PONEHODOVÉ PÉČE	33
4.5	AUTONOMNÍ AUTOMOBILY	35
5	PRAKTICKÁ ČÁST	37
5.1	TECHNICKÉ VYBAVENÍ	37
5.2	PRŮBĚH MĚŘENÍ	37
5.2.1	<i>Průběh měření subjektu</i>	38
5.2.2	<i>Průběh měření obsluhy</i>	39
5.3	PROGRAM	40
5.3.1	<i>Use case diagram</i>	40
5.3.2	<i>Activity diagram</i>	41
5.3.3	<i>Vytvoření programu a jeho fungování</i>	42
6	VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH ZHODNOCENÍ	46
7	ZÁVĚR	50
8	CITOVANÁ LITERATURA	52
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
10	SEZNAM VZORCŮ	58
11	SEZNAM ZKRATEK	59
	PŘÍLOHA I – ZDROJOVÝ KÓD PROGRAMU V JAZYCE PYTHON	I

1 Úvod

Automobilová doprava je v dnešní době velice rozšířený způsob přepravy. Vzhledem k jejímu podílu na českém trhu je prakticky všudypřítomná. V roce 2019 tvořila 9 % českého HDP, a to ji řadilo na první příčku mezi česká průmyslová odvětví. Výroba automobilů je také jedním z nejmodernějších odvětví průmyslu a denně je možné vyrobit přes 250 000 aut po celém světě.

Nárůst ve využívání automobilů jakožto dopravního prostředku je patrný nejen ve snížení počtu volných míst k parkování a jejich neustálému rozšiřování, ale také v hustotě dopravy. Díky tomu dochází i k poměrně četným kolizím jak drobným, tak i těm katastrofickým.

Dnes se usiluje především o to, aby byla nehodovost snížena na minimum a k tomuto cíli pomáhají různé technologie od méně invazivních až po částečné autonomní řízení, kdy je odstraněna míra vlivu lidského faktoru. Autonomní automobilita se však momentálně nachází ve svých začátcích. Dnes jsou autonomní systémy využívány na silnicích, až na výjimky, pouze na druhé úrovni a nedávno představené vozy třetí úrovně nejsou ještě ve většině zemích legislativně povoleny. Vyšší úrovně čtyři a pět jsou zatím budoucnost. Z tohoto důvodu se výzkumy stále věnují zajištění pozornosti řidiče.

Teplota v kabině vozidla je jedním z vlivů, který by mohl rychlost reakcí řidiče ovlivnit. Tento předpoklad je založen na snížení pozornosti řidiče během různých teplot uvedeném ve studii „Effect of temperature on attention ability based on electroencephalogram measurements“, pozorující snížení kognitivních funkcí u měřených subjektů a také ze zvyku řidičů ochlazovat kabinu při pocitu únavy.

V automobilech proces změny klimatu zajišťuje složitý systém úpravy vzduchu zahrnující ohřev, filtraci a ochlazení. Vystupující vzduch pak může svým charakterem ovlivnit chování řidičů, hlavním cílem této práce je pak tuto skutečnost prověřit.

2 Cíl Práce

Diplomová práce je tematicky zaměřena na problematiku vlivu prostředí v kabině vozidla na vnímání vizuálních podnětů řidiče. Hlavním cílem je provést zhodnocení zabývající se změnou pozornosti řidičů na jednotlivé typy mikroklimatu.

Dílčí cíle diplomové práce jsou:

- vytvořit přehled řešené problematiky
- popsat působení různých teplot na člověka
- vysvětlit proces změny teploty v kabině vozidla
- analyzovat bezpečnostní systémy v automobilech
- definovat rizika, která mohou vést ke kritickým scénářům
- ověřit pozornost řidičů a její vliv na aktuální prostředí v kabině vozidla
- vytvořit měření a zajistit jeho dílčí prvky
- provést pokus sledující pozornost řidičů
- analyzovat výsledky pozornosti při různých teplotách
- porovnat výsledky se subjektivním hodnocením účastníků pokusu
- popsat závěry pokusu

3 Metodika práce

V práci bude na základě literární rešerše odborných zdrojů, především ze zahraničí, vypracován přehled řešené problematiky. V rámci této části bude provedena analýza působení teplot na lidský organismus, a dále popsán systém ovlivňující mikroklima v kabině automobilu, včetně fyzikálních aspektů výměny tepla mezi kabinou vozu a venkovním prostředím systémem pro změnu teploty vzduchu. Systém bude rozdělen na část pro ohřev a část pro ochlazení vzduchu. Jednotlivé komponenty systému budou seřazeny podle průchodu kapaliny a detailně popsány. Dále bude v práci provedena analýza dalších prvků v automobilu, konkrétně těch zajišťujících zvýšení bezpečnosti. Systémy budou seřazeny do kategorií. Jednotlivé kategorie budou seřazeny na základě vážnosti situace. V první kategorii budou popsány systémy pro prevenci autonehod, dále systémy pasivní ochrany, a nakonec také ponehodová péče. U většiny prvků budou uvedeny situace, kterým mají zabránit a předpokládané množství snížení nehod nebo jejich následků v případě jejich masivního nasazení. Po této části bude následovat praktická část obsahující měření a analýzu naměřených dat.

Před samotným měřením bude nutné samotný pokus vymyslet. K tomuto kroku bude potřeba stanovit parametry pokusu, analyzovat možné vstupy ovlivňující výsledky a navrhnout prostředí pokusu, měřicí program a postup měření. Pro realizaci pokusu bude navržen měřicí program, který bude následně vytvořen a otestován. Kromě programu bude nezbytné zajistit technické vybavení, prostory, automobil a v neposlední řadě účastníky pokusu. Pokus bude prováděn po dobu tří týdnů, každý týden při jedné teplotě prostředí v kabině automobilu. Data budou po ukončení všech měření analyzována a bude z nich vyvozen výsledek pokusu. Na závěr budou shrnuty poznatky z jednotlivých kapitol a výsledky pokusu.

4 Přehled řešené problematiky

První automobil byl poprvé patentován v roce 1886 a vyvinul ho Karl Benz. Jednalo se o tříkolku se čtyřtaktním motorem. O tři roky později již existovala první továrna na výrobu vozidel, a to ve Francii. Další vývoj v automobilovém odvětví na sebe nedal dlouho čekat. John Dunlop vyvinul pneumatiky plněné vzduchem, Rudolf Diesel vytvořil motor spalující naftu a Francie zavedla registrační systém podobný dnešním SPZ. V roce 1903 byla založena první továrna s pásovou výrobou, která umožnila vyrábět automobily ve velkém. Jednalo se o fabriku Henryho Forda. Automobilový průmysl dále vzkvétal. V roce 1936 bylo představeno vozidlo pro širokou veřejnost, které je dnes známo pod názvem Volkswagen Brouk. Další významnou událostí, která ovlivnila automobilový průmysl, bylo rozšíření výbavy automobilu. Poprvé se jako součást zařízení vozu objevil například posilovač řízení, bezpečnostní pásy, později i tříbodové pásy u společnosti Volvo. Dokonce si lidé mohli připlatit i za klimatizaci. Ta přišla na trh roku 1953 v Americe. V roce 1965 se objevily vozy s pohonem všech čtyř kol, ale například společnost Audi svá auta s tímto pohonem začala dodávat na trh až v roce 1980. Airbagy bylo možné zakoupit od roku 1973, ovšem v Evropě se začaly poprvé objevovat až v roce 1980 v automobilech od společnosti Mercedes-Benz. Zlomovou událostí se stalo v roce 1974 uvedení vozidla Volkswagen Golf na trh. Se svými 24 miliony prodanými kusy se tento typ vozidla řadí dosud mezi nejprodávanější. O čtyři roky později firma Bosh představila po desetiletém vývoji systém ABS. Dnes se může zdát, že je moderní výroba zaměřena na vývoj elektrických motorů, ovšem již v roce 1997 byl jako první automobil pohaněn spalovacím motorem i elektřinou automobil japonského výrobce Toyota model Prius. V České republice výrobu aut provozuje společnost Škoda Auto, která od roku 1991 patří do koncernu Volkswagen. [1]

4.1 Vliv teploty na člověka

Člověk je teplotekrevný živočich. Jeho organismus se snaží o udržení stálé teploty v oblasti svých orgánů. Vzhledem k neustálému vystavování vnějšímu prostředí musí tělo soustavně vyrovnávat různé nuance teplot. K ustálenému udržování teploty může dojít, pokud je produkce tepla v rovnováze s jeho výdejem. V organismu člověka dochází k vytváření tepla především jako vedlejší produkt jiných forem energie, z velké části se jedná o energii chemickou z potravy. Méně častou, avšak cílenou metodou vytváření tepla organismem, je chladový třes. Z důvodu, že velká část tepla v organismu není cílená, je nutné ji regulovat, a tedy umožnit odchod tepla do okolí tak, aby nedocházelo k akumulaci tepla uvnitř. Pokud by k této regulaci

nedocházelo, vzrostla by teplota orgánů natolik, že by došlo k přehřátí a následnému kolapsu organismu. [2]

4.1.1 Působení vysokých teplot

Samotná regulace se podobá automatickému řízení v průmyslu. Jedná se regulaci se zpětnou vazbou. Jako centrum řízení teploty v těle slouží hypothalamus. Ten porovnává skutečnou teplotu v oblasti orgánů s požadovanou teplotou a podle rozdílu určuje příjem a výdej tepla. Hypothalamus je útvar o velikosti přibližně 4 cm³, který se nachází v mozku. V předním hypothalamu jsou centrální termoreceptory řídící ze dvou třetin teplo a z jedné třetiny chlad. Zadní hypothalamus zpracovává informace z periferních termoreceptorů, nejčastěji se nacházejících v kůži. Tyto termoreceptory vysílají řídicí signály. Je zajímavé, že chladových receptorů se zde nachází desetkrát více než receptorů tepelných. [2] [3]

Samotný mechanismus výměny tepla se aktivuje, pokud těleso o určité hmotnosti nesdílí stejnou teplotu s druhou látkou. Podle rozdílů teplot se jedná o zvyšování nebo snižování teploty tělesa.

Kalometrická rovnice:

$$\text{Teplo přijaté: } Q_1 = m \cdot c \cdot (t - t_0) \quad (4.1)$$

$$\text{Teplo odevzdané: } Q_2 = m \cdot c \cdot (t_0 - t) \quad (4.2)$$

$$\text{Předpoklad, že první látka předá teplotu látce druhé: } Q_1 = Q_2 \quad (4.3)$$

$Q_1 =$ rovnice první látky, $Q_2 =$ rovnice druhé látky, $m =$ hmotnost tělesa, $c =$ měrná tepelná kapacita, $t_0 =$ počáteční teplota, $t =$ konečná teplota

K výměně tepla může dojít sáláním, vedením, prouděním a evaporací. Sálání (radiace) je v našich klimatických podmínkách asi 60 % z celkových ztrát tělesného tepla. Jedná se o proces předávání tepla mezi objekty pomocí infračerveného elektromagnetického záření bez jejich vzájemného doteku. Množství takto předaného tepla odpovídá funkci čtvrté mocniny teploty sálající z lidského těla a stejně tak teploty tělesa v okolí. Výsledkem rozdílů čtvrtých mocnin povrchových teplot je celková vyzářená energie. Teplota vzduchu má na tento přenos malý vliv, a tak se může stát, že člověk pocítuje chladno přesto, že vzduch v místnosti je relativně teplý. Stejným mechanismem člověk teplo přijímá, pokud jsou objekty v okolí teplejší, než je on sám. [2] [3] [4]

Další možností jak teplo předat je jeho vedením (kondukcí). K tomuto přenosu dochází během doteku těles s různou teplotou. Tímto spojením dochází k předání energií narážením atomů. V teplejším tělese kmitají atomy rychleji a v chladnějším pomaleji, pohyb je tedy úměrný

teplotě. Vzájemnými kolizemi těchto atomů dochází k předávání jejich kinetické energie, která odpovídá rozdílu teplot obou dotýkajících se předmětů. V lidském organismu je tento způsob nejvýznamnější díky přenosu tepla krevním oběhem. Lidské tělo má proti tomuto přirozenou obranu v podobě předávání tepla pomocí tukové tkáně. Ta má třikrát menší tepelnou vodivost než krev, i přesto tímto způsobem dochází k předávání tepla do okolního vzduchu. V celkových tepelných ztrátách člověka se jedná o 15 %. Ovšem pokud se v blízkosti těla nachází vzduch, může působit jako izolant, pokud nedochází k jeho proudění. Ve chvíli, kdy je kolem těla voda nebo vlhký intenzivně proudící vzduch, může dojít k úbytku, který bude v celkových tepelných ztrátách člověka velice významný. [2] [3] [5]

Třetí metodou předávání tepla je proudění (konvekce). Jedná se o přenos tepla do vzduchu nebo vody. Molekuly se pohybují od místa kontaktu na základě teplotního gradientu v prostředí. Tato metoda úzce souvisí s metodou odváděním tepla vedením, která udržuje velký teplotní gradient. Jedná se o nutnost předání tepla nejprve vedením v látce a následně prouděním této látky je teplo předáno do okolí. Předání tepla za čas τ z povrchu tělesa o ploše S do okolí o teplotě nižší než δ , lze vyjádřit vztahem ve vzorci 4.4, kde α je koeficient přestupu tepla rozhráním. Tento koeficient se stanovuje experimentálně pomocí α -metrů. Předmět předávající teplo do vzduchu o jiné teplotě mění jeho specifickou váhu. Teplý vzduch stoupá a chladný klesá do oblasti kontaktu s tělesem a ochlazuje ho. Tuto metodu ochlazení silně ovlivňuje prostředí, ve kterém se člověk nachází, nebo zda se pohybuje on či prostředí kolem něj. Například vítr nahrazuje teplý vlhký vzduch v okolí člověka chladnějším sušším vzduchem a tím dochází k ochlazení. Tuto metodu je možné pocítovat během mrazivých dní ve vnímání teploty. Pokud mrzne a je bezvětří s malou relativní vlhkostí je pocítování teploty jiné než vnímání teploty nad bodem mrazu, ale při vysoké relativní vlhkosti a intenzivním prouděním vzduchu. [2] [4]

$$Q = \alpha \cdot S \cdot \delta - t \cdot \tau \quad (4.4)$$

Poslední metodou předání tepla je evaporace (odpařování). Dochází k ní, pokud při fyzické námaze nestačí k ochlazení sálání a vedení tepla jako ochrana před přehřátím. Voda na povrchu těla v podobě potu je odpařována. Odpařením 1 gramu vody dojde k odezdání asi 0,6 kilokalorií tepla. K přenosu vody na povrchu těla slouží potní žlázy, odpařováním pak dochází ke snížení teploty povrchu těla na nižší, než je teplota okolí. Pokud prostředí, ve kterém se člověk nachází, má teplotu výrazně vyšší než 37 °C, dochází k ohřívání organismu sáláním a vedením. V takovém případě se o regulaci tepla stará profúzní pocení, jehož efektivita závisí na vlhkosti vzduchu. Při dosažení určité hodnoty vlhkosti vzduchu není možné odpařovat veškerou vlhkost a pot se tak z pokožky nebude odpařovat. Odpařením 1 litru tekutiny

z povrchu těla se odevzdá přes 580 kilokalorií. Je důležité ztracenou tekutinu a soli adekvátně doplňovat. Evaporace umožňuje snášet vysoké teploty za nízké relativní vlhkosti na poušti. Ovšem tento způsob nepomůže v deštných pralesích, kde je kromě vysoké teploty i vysoká vzdušná vlhkost. [2] [4]

Ochlazování všemi zmíněnými metodami závisí na teplotě okolí. Při teplotě okolí nižší než 19 °C dochází ke snížení prokrvení povrchu těla a tím snížení ochlazování těla. Pokud teplota okolí přesáhne 19 °C, je teplota regulovaná prokrvením kůže. Při teplotě 31 °C je k předávání tepla sáláním, vedením a prouděním přidána metoda odvodu tepla evaporací, což je jediná metoda odvodu tepla v případě, kdy teplota okolí přesáhne teplotu těla člověka. Množství krve potřebné k prokrvení kůže organismus reguluje pomocí stahování cév. Při zahřívání organismu dochází k předávání tepla z oblasti orgánů do kůže. Zvýšením teploty na povrchu těla dochází k většímu ochlazování. Pokud nedojde k teplotní rovnováze v systému, jsou spuštěny potní žlázy a ochlazování probíhá pomocí odpařování. Pokud by i tak nedošlo k teplotní rovnováze, dojde k přehřátí organismu a jeho kolapsu. Mezi příznaky přehřátí organismu patří slabost, bolest hlavy, ztráta chuti, nevolnost, krátké dýchání, zrychlený tep s frekvencí až 150 úderů za minutu, lesklé oči, duševní neklid, apatie nebo naopak vznětlivost. Pokud dojde až k tepelnému šoku, teplota těla rychle stoupne přes 41 °C. Člověk se přestane potit, upadne do kómatu a následně dojde k úmrtí. [2] [3] [5]

4.1.2 Působení nízkých teplot

Lidský organismus udržuje stálou tělesnou teplotu pro správnou funkčnost enzymů. Lidské tělo si vyměňuje teplo se svým okolím již zmiňovanými metodami, kterými jsou sálání, vedení, proudění a evaporace. Cílem je regulovat teplotu v oblasti orgánů. K teplotní rovnováze dochází v případě, kdy tepelný příjem je rovný výdeji tepla. K regulaci dochází především ovlivňováním rychlosti odvádění tepla. Produkce tepla je regulována velice málo a to pomocí metody třesové a netřesové termogeneze. [2] [3]

Při třesové termogenezi se zvyšuje svalové napětí, dochází až ke třesu o frekvenci 10 až 20 stahů za sekundu. Při tomto třesu svaly nevykonávají žádnou práci, pouze vytvářejí teplo. Jedná se o první reakci člověka na chlad. Řízení a regulaci tohoto procesu zajišťuje přední část hypothalamu. [2] [3]

Druhou metodou k ohřátí organismu je netřesová termogeneze. Vyznačuje se dvěma reakcemi. První reakcí je zrychlení metabolismu a druhou blokování oxidativní fosforylace v hnědém tuku. Zrychlení metabolismu je řízeno vyplavením adrenalinu a noradrenalinu do krevního

řečiště. Díky tomu dojde ke zvýšení tepové frekvence, odbourávání tuků a glykogenu, zvýšení koncentrace glukózy v krvi a rozšíření průdušek v plicích. Pokud chlad přetrvává delší dobu, je adrenalin a noradrenalin nahrazen hormonem tyroxinem. Ten kromě předchozích projevů navíc zvyšuje rychlost rozkladu tuků a zvyšuje činnost mitochondrií. Ve druhé reakci hraje roli hnědý tuk. Jedná se o speciální tkáň vyskytující se u mláďat savců. U dětí se hnědý tuk nachází v oblasti šíjí, u lopatek a kolem ledvin. Hnědé zbarvení je způsobeno velkým množstvím mitochondrií. Teplo je tvořeno v mitochondriích, které mají blokovanou syntézu adenosintrifosfátu. Některé studie zabývající se oddálením třesové termogeneze u otužilců zvažují možné vysvětlení ve využití hnědého tuku při jejich vystavování nízkým teplotám. [2] [3]

Pokud dojde k podchlazení a teplota v okolí orgánů klesne na teplotu nižší než 34 °C, začnou u člověka poruchy vědomí. Při teplotách nižších než 32 °C nastane stav bezvědomí a pokud se oblast u orgánů ochladí až pod teplotu 24 °C, dojde k smrtelnému stavu a selhání srdce. Kromě těchto stavů může docházet při dlouhodobém vystavování nízké teplotě i k poškození končetin omrzlinami. K omrzlinám dochází při teplotě 15 °C a méně. Tělo omezí průtok krve, aby oblast orgánu nebyla ochlazená a nedošlo k jejich poškození. Kromě negativního působení chladu je možné jej využívat i pozitivně, například v rámci kryoterapie nebo během operací srdce. V průběhu operace se organismus ochlazuje z důvodu snížení potřeby kyslíku v mozku. Při podchlazení na 30 °C je potřeba kyslíku snížena na polovinu a při podchlazení na 20 °C až na desetinu standardního množství kyslíku. [2] [3]

4.2 Řešení vzduchotechniky v autě

Hlavním úkolem vzduchotechniky v autě je zajistit podmínky pro maximální pohodlí pasažérů. Kromě samotné regulace teploty vzduchu zajišťuje i jeho čištění a sušení, bez kterého by bylo použití vzduchotechniky značně nepříjemné například za deště nebo na nezpevněných komunikacích, na kterých dochází ke vzletu prachových částic. K čištění vzduchu od prachu a pilu slouží kabinový filtr, který je chráněn před deštěm pomocí systému odvádějícím vodu k podvozku. Zbytek vzdušné vlhkosti odstraní výparník. [6]

Přestože lidské tělo má teplotu bezmála 37 °C, komfortní teplota okolí je v rozmezí 21 °C – 27 °C. Komfort může také mimo jiné ovlivnit sluneční svit, oděv pasažéra nebo rychlost proudícího vzduchu. V chladném prostředí může proudící vzduch vytvořit teplý mrak kolem osoby, v teplém prostředí ho zase odvádět pryč a pomáhat tak s regulací vzdušné vlhkosti. [6]

Vzdušná vlhkost má velký vliv na vnímání teploty. Je to způsobeno tím, že při vyšším obsahu vodní páry ve vzduchu je sníženo odpařování potu z těla. To způsobuje pocit většího tepla. K rozdílu pocitové teploty může dojít i v rozdílných teplotách automobilu. Důvod je ten, že člověk vnímá teplotu více v dolních končetinách a finální komfort tak ovlivní i zvolený výstup ze vzduchotechniky. [6]

4.2.1 Princip předávání tepla mezi vzduchem a částmi vzduchotechniky

Pro pochopení předávání tepla mezi výměníkem a vzduchem je nutné vědět o principech výměny tepla. Tepelnou výměnu mezi dvěma médii lze popsat jako výměnu energií. Každá látka má svou celkovou energii E . Ta se skládá z mechanické energie soustavy E' a vnitřní energie U viz vzorec 4.5. Vnitřní energie tělesa U se skládá z celkové kinetické energie U_k společně s neuspořádaně se pohybujícími částicemi a potenciálu energie vzájemné polohy těchto částic U_p viz vzorec 4.6. [7] [4]

$$E = E' + U \quad (4.5)$$

$$U = U_k + U_p \quad (4.6)$$

Předání teploty mezi dvěma médii lze tedy popsat jako rozdíl mezi vnitřní energií U_1 jednoho média na počátku a jeho vnitřní energií U_2 na konci předávání. Pokud je rozdíl kladný, došlo k nárůstu energie, pokud záporný, došlo k úbytku. Ke změně vnitřní energie dochází tepelnou výměnou nebo provozováním práce. Ve vzduchotechnice automobilu nalezneme obě zmiňované metody. Působení práce se vyskytuje například u kompresoru. Zde stlačení vzduchu vytváří jeho prudký ohřev. Tepelná výměna například probíhá mezi chladičem a vzduchem. Fyzikálně dochází k narážení neuspořádaných částic prvního média a částic druhého média. Teplo Q je pak odvozenou veličinou pro změnu vnitřní energie tepelnou výměnou. První termodynamický zákon říká, že při změně vnitřní energie soustavy ΔU je změna rovna součtu práce W těles působících na soustavu a jejich odevzdaného tepla Q soustavě viz vzorec 4.7. [7]

$$\Delta U = W + Q \quad (4.7)$$

Teplo je následně definováno upravenou rovnicí 4.8, kde pomocí vyjádření W' rovnicí 4.9 lze vzorec 4.8 napsat ve tvaru vzorce 4.10.

$$Q = \Delta U + W' \quad (4.8)$$

$$W' = -W \quad (4.9)$$

$$Q = \Delta U - W \quad (4.10)$$

Na konci tepelné výměny dojde k vyrovnání teplot médií. Tomuto stavu se říká vzájemná tepelná výměna. Pokud těleso o hmotnosti m ohřejeme nebo ochladíme a zároveň nedojde ke změně skupenství, změní se i jeho vnitřní energie. Množství předaného tepla vyjadřujeme pomocí ΔT a měrnou tepelnou kapacitu pomocí C viz vzorec 4.11. [7] [4]

$$C = Q \cdot (m \cdot \Delta T)^{-1} \quad (4.11)$$

Výměna vnitřní energie mezi místy s různou teplotou může probíhat pomocí vedení tepla, tepelným zářením a prouděním. Vedení tepla se pak nazývá proces výměny energie mezi částmi tělesa, kdy energie z místa s vyšší teplotou proudí do těch s teplotou nižší. [7] [4]

V kompresoru se však nachází i chladící kapalina v plynném stavu, kde se mění i její tlak. Pro vysvětlení důvodu těchto procesů nám postačí jednodušší konstrukt situace s ideálním plynem. Ideální plyn zanedbává některé skutečnosti reálného plynu. Molekuly ideálního plynu mají střední kinetickou energii E_k přímo úměrnou termodynamické teplotě T . Tento vztah vyjadřuje vzorec 4.12, kde k je Boltzmannova konstanta rovna přibližně $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$. [7]

$$E_k = \frac{3}{2} \cdot kT \quad (4.12)$$

Plyn nacházející se v rovnovážném stavu a zároveň bez probíhajících výměn energií, je možné popsat veličinami jako termodynamickou teplotou T , tlakem p , objemem V , počtem molekul N , hmotností plynu m nebo látkovým množstvím n . Stavové rovnice (4.13) pak vyjadřují vztah mezi těmito veličinami. Pro ideální plyn je možné psát stavovou rovnici následujícím způsobem. [7] [4]

$$p \cdot V \cdot T^{-1} = \text{konstanta} \quad (4.13)$$

Pro jakékoliv množství plynu je ve vzorci 4.14 konstanta nahrazena hmotností m , molární hmotností plynu M_m a molární plynovou konstantou.

$$p \cdot V = m \cdot M_m^{-1} \cdot R_m \cdot T \quad (4.14)$$

Rovnici lze také vyjádřit s látkovým množstvím n viz vzorec 4.15.

$$p \cdot V = n \cdot R_m \cdot T \quad (4.15)$$

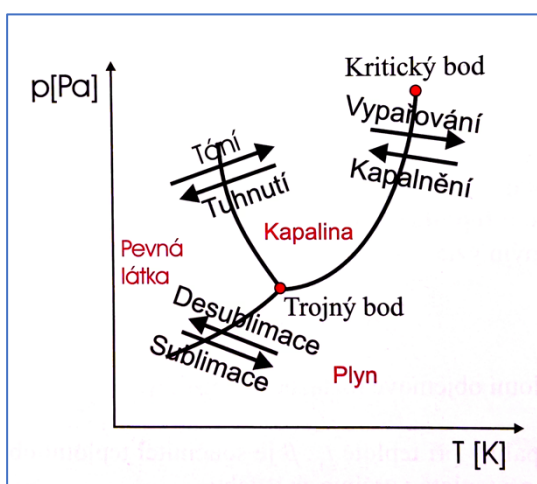
Díky těmto vzorcům lze vysvětlit některé jednoduché tepelné děje ideálního plynu. Pro účely práce postačí děj izotermický a izochorický. Izotermický děj probíhá, pokud máme ideální plyn o stálé hmotnosti a teplotě. Vyjadřuje poměr mezi tlakem a objemem plynu viz vzorec 4.16.

$$p \cdot V = \text{kons.} \quad (4.16)$$

Ze vzorce lze vyjádřit vztah, kdy se zvyšujícím se objemem klesá tlak, a obráceně s vyšším tlakem klesá objem. Izochorický děj probíhá opět při stálé hmotnosti ideálního plynu, ale oproti ději izotermickému má plyn stále stejný objem. Vzorec vyjadřuje poměr mezi teplotou a tlakem plynu. [7] [4]

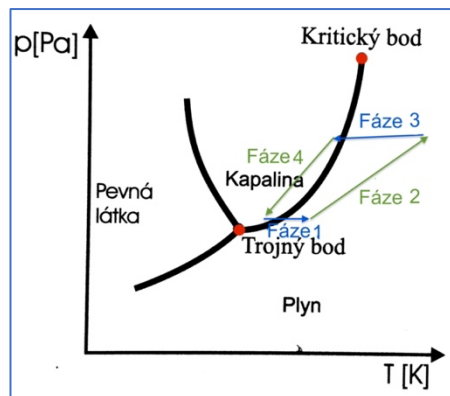
$$p \cdot T^{-1} = konst. \quad (4.17)$$

Ze vzorce je možné vyjádřit lineární poměr mezi tlakem a teplotou, kdy při zvýšení teploty vzroste i tlak, a obráceně při snížení tlaku klesne teplota. Na těchto principech funguje vzduchotechnika v automobilu, kdy se mění tlak, skupenství a teplota chladicí kapaliny, aby bylo docíleno maximálních rozdílů mezi teplotou chladicí kapaliny a prostředím mimo vzduchotechniku. A právě ke změně skupenství dochází kvůli změnám teploty nebo tlaku v prostředí, kde může docházet ke změně objemu látky. Pro zobrazení vlivu teploty a tlaku na skupenství látky slouží Fázový diagram. Tento diagram slouží obecně pro zobrazení křivky závislosti rovnovážného stavu mezi fázovými přechody v látce. Na obrázku 1 lze vidět Fázový diagram vody. Obsahuje tři fáze látky a tři rovnovážné stavy mezi nimi. Fáze v našem případě jsou pevná látka, kapalina a plyn a přechody mezi nimi jsou procesy tání, tuhnutí, vypařování, kondenzace, sublimace a desublimace. Bodem, kde jsou v rovnováze všechny tři stavy, se nazývá trojný bod a kapalina se v něm nachází při přesném poměru mezi teplotou a tlakem. Kritickým bodem je označován poměr teploty a tlaku, po jehož překročení nelze mluvit o rovnovážném stavu. [7]

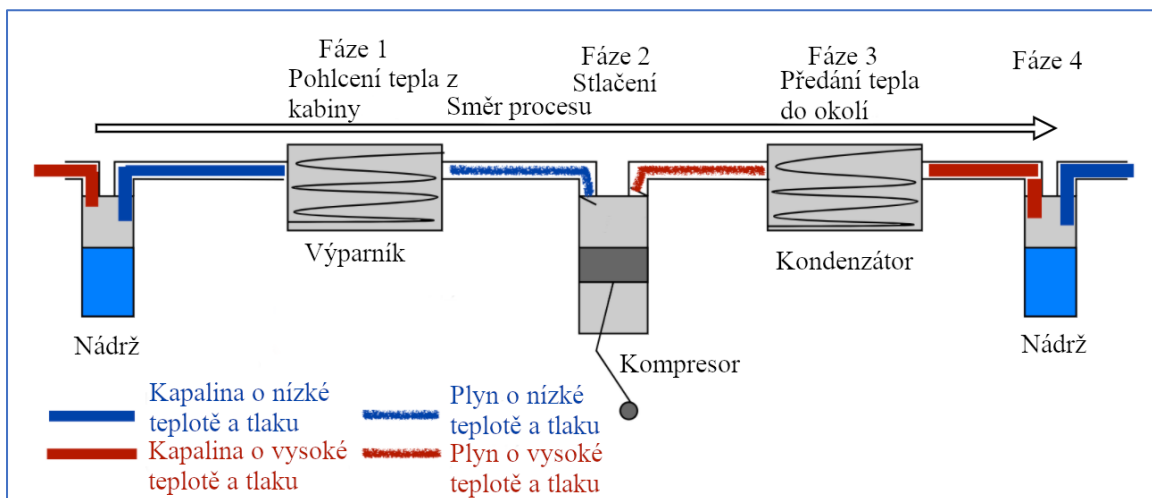


Obrázek 1 – Fázový diagram [7]

Ve zjednodušeném příkladu chladná chladicí kapalina o nízkém tlaku vstřebává teplo z kabiny automobilu a dojde k přeměně skupenství kapaliny na plyn. Na obrázcích 2 a 3 se jedná o fázi 1. Dále plyn o nízkém tlaku a nízké teplotě pokračuje do kompresoru, kde je stlačen a výstupem je velmi teplý plyn o vysokém tlaku. Na obrázcích 2 a 3 se jedná o fázi 2. Tento plyn následně odevzdává teplo do okolního vzduchu a ochlazení způsobí změnu skupenství na kapalinu. Výstupem je tedy teplá kapalina o vysokém tlaku. Na obrázcích 2 a 3 se jedná o fázi 3. V zásobníku je pak tlak snížen a kapalina se vrací k prvnímu kroku jako kapalina o nízkém tlaku i teplotě. Na obrázcích 2 a 3 se jedná o Fázi 4. [7]



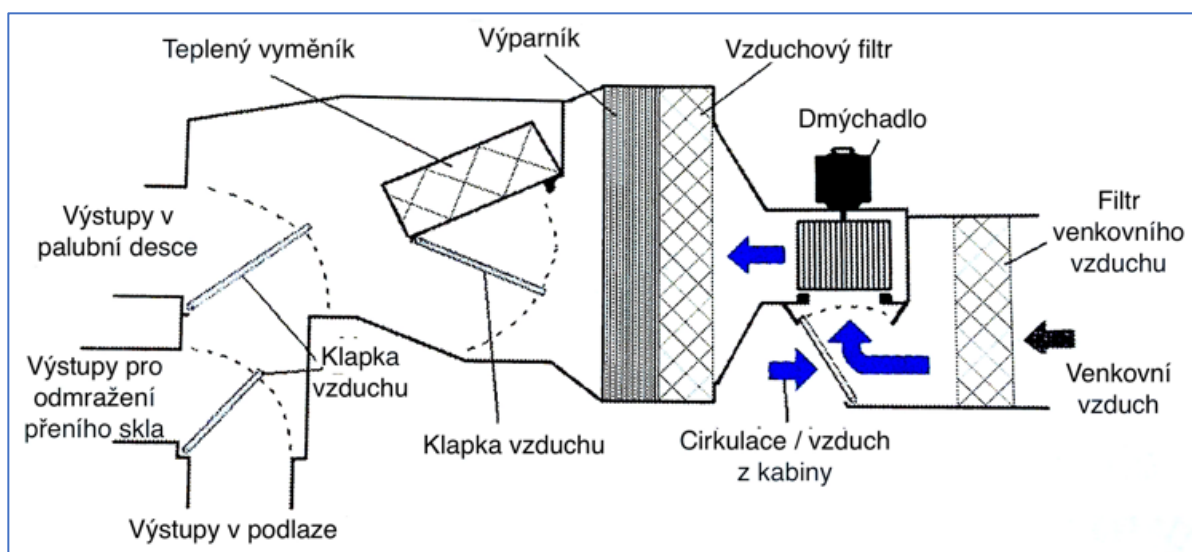
Obrázek 2 – Fázový diagram příkladu s klimatizací



Obrázek 3 – Zjednodušený příklad klimatizace

4.2.2 Části vzduchotechniky

HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) systém je velice komplexní. Skládá se ze soustavy potrubí, klapek, ventilátoru, výparníku a topného tělesa. Na začátku procesu výměny vzduchu působí vzduch z venku nebo z kabiny automobilu na komponenty vzduchotechniky. Výběr zdroje vzduchu uživateli umožňuje ovládací prvek na středním panelu palubní desky. Na palubní desce nalezneme i všechny další ovládací prvky ke vzduchotechnice. Následné řízení klapek umožňují elektrické servomotory. Schéma klapek je na obrázku 4. [8] [9]



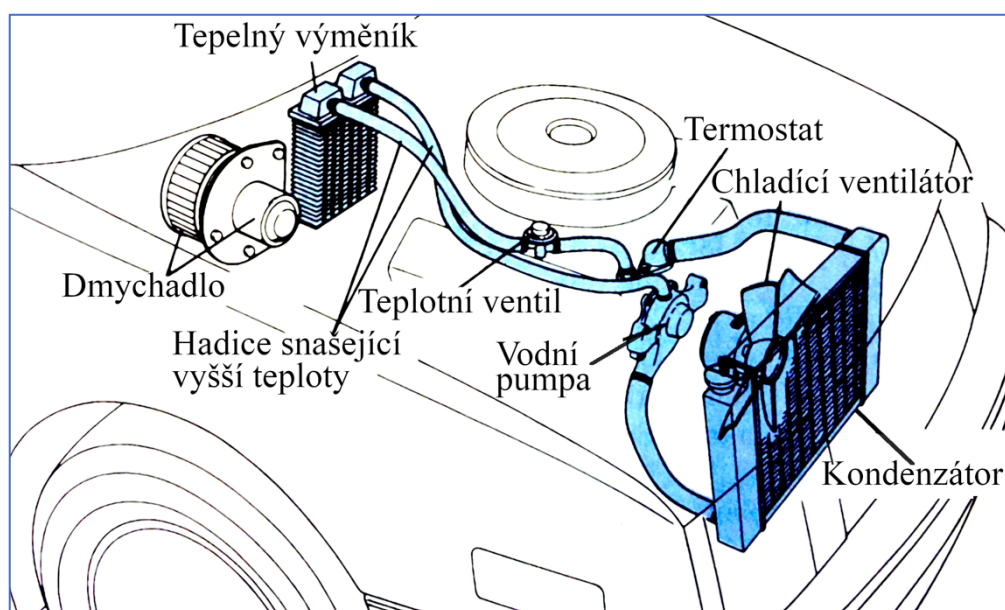
Obrázek 4 – Schéma klapek v HVAC [8]

Elektrický ovládací obvod je napájen baterií nebo alternátorem. Průtok proudu kabeláží je ovládán přepínačem nebo relé. Na pomyslném konci kabeláže se v HVAC systému nachází komponenty jako elektromagnetické ventily, motor dmychadla, servomotory nebo spojka kompresoru. Okruhy ovládané vícepolohovým přepínačem mají ve svém obvodu odpory ovlivňující výkon dmychadla. Dříve byl odpor zajišťován drátovými rezistory, které nahradily moderní odpory o velikosti něco málo větší než kreditní karta. V tradičním systému je při nejnižší rychlosti ventilátoru odpor přibližně $1,5 - 2 \Omega$ a napětí 4 V , další stupeň má odpor 1Ω a 6 V , předposlední má odpor $0,3 \Omega$ a $8 - 9 \text{ V}$. Při nejvyšší rychlosti ventilátoru je napětí $12 - 14 \text{ V}$ a není použit žádný odpor. U této rychlosti je odběr proudu motoru ventilátoru asi 20 A . Většina těchto dmychadel používá z důvodu tichosti a účinnosti odstředivé radiální ventilátory oproti klasickým ventilátorům. I přesto existují modely automobilů, které používají nestandartní řešení. [8] [9]

4.2.3 Ohřev vzduchu

Ve většině automobilů je teplo řešeno skrze spalování fosilních paliv. Většina tepla je ochlazována chladícím systémem motoru. Chlazení motoru musí odpovídat klimatickým podmínkám, a právě proto je při dosažení standardní pracovní teploty motoru teplota chladicí kapaliny v chladicím systému regulována na zhruba 82 – 92 °C. Pro ohřev interiéru automobilu je převážně používán poměrně jednoduchý systém oběhu ohřáté chladicí kapaliny přes tepelný výměník. Vzduch následně projde výměníkem, ve kterém absorbuje teplo. [8] [9]

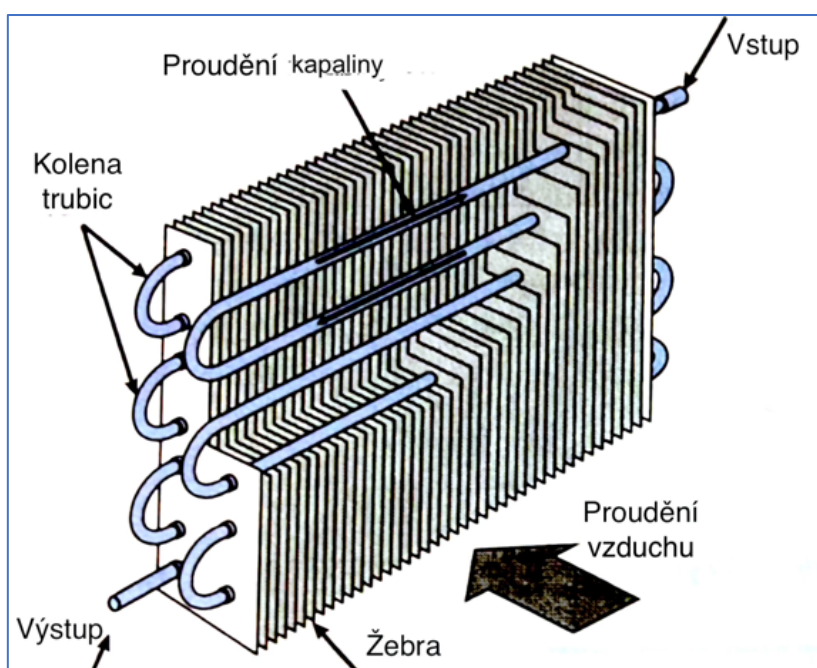
V systému ohřevu automobilu se nachází řada dílů, mezi které patří kondenzátor, chladicí ventilátor, hadice topení, termostat, teplotní ventil, vodní pumpa, ventilátor nebo dmychadlo a výměník tepla. Všechny díly lze vidět na obrázku 5. V některých systémech je použit ventil umožňující zastavení proudění teplé chladicí kapaliny do výměníku. Dalším prvkem může být elektrická vodní pumpa a obtokový ventil umožňující přepínání mezi cirkulací s pumpou a cirkulací bez ní. Elektrická vodní pumpa umožňuje proudění teplé ochlazovací kapaliny výměníkem, a tím zahřívá kabinu vozidla i po vypnutí motoru. Elektrická vozidla nemohou k ohřevu využít odpadní teplo motoru, u hybridních automobilů motor svou omezenou činností není schopen vytvořit tolik tepla, aby umožňovalo ohřev kabiny. Toyota tento problém řeší ve svém modelu Prius hybrid dvěma PTC ohříváči vestavěnými přímo do výměníku. Elektrické automobily využívají pumpu klimatizace s přidaným ventilem přepínajícím proudění chladicí kapaliny mezi kondenzátorem a výparníkem. Další možností ohřevu je pomocí elektrického topení. Při této metodě však nastává odběr elektřiny z baterií a to následně vede ke snížení dojezdové vzdálenosti. [8] [9]



Obrázek 5 – Soustava pro ohřev vzduchu [8]

4.2.3.1 Kondenzátor a chladící ventilátor

Automobilové kondenzátory se nachází v čelní části karosérie. Mají nejčastěji konstrukci tzv. fit-and-tube („žebrované trubky“), ve kterých kapalina proudí trubkami z přítokové nádoby do nádoby odtokové. Zásadním prvkem kondenzátoru je žebrovaná část sloužící k přenosu tepla z chladicí kapaliny do vzduchu viz obrázek 6. V praxi je možné se setkat s vertikálním nebo radiálním směrem proudění kapaliny. Konstrukce má pak nádrže po stranách nebo nahoře a dole. Dříve se používal design tzv. „downflow“, ve kterém chladicí kapalina proudila z vrchní části do spodní a využívala tak přirozeného proudění, kdy chladnější kapalina klesala a teplejší stoupala. Nové automobily kvůli lepšímu chlazení používají design tzv. „crossflow“, kdy chladicí kapalina proudí z jedné strany na druhou. V tomto provedení kondenzátoru je díky delším trubicím více času na ochlazení chladicí kapaliny. Nestandardní možností k ochlazení systému je použití termosifonu, při kterém je v systému absence vodní pumpy. [8] [9]



Obrázek 6 – Kondenzátor [8]

Ve většině aut nalezneme navíc i tlakový ventil umožňující zvednout bod varu chladicí kapaliny a motor pak pracuje při vyšší a efektivnější teplotě. Při dosažení požadovaného tlaku kapalina vytlačí spodní těsnění tlačené pružinou a uvolněná část kapaliny se dostane do nádrže chladicí kapaliny nebo do přepadové hadice. [8] [10]

Kondenzátor ke svému ochlazení nutně potřebuje dostatečný průtok vzduchu. Pokud se však auto nepohybuje rychle, je nutné proudění vzduchu vytvořit pomocí ventilátoru. Jedná se

o stav, kdy auto jede pomalu nebo stojí na místě. Ventilátory se liší ve velikosti, počtem křídel, tvarem a dalšími parametry, které ovlivňují jejich rychlost a s ní spojený vydávaný hluk. Kromě samotného ventilátoru je v tomto dílu obsažen i kryt ventilátoru a ventilátorová viskózní spojka. Viskózní spojka slouží k ovládání ventilátoru a je navržena tak, aby při nízké teplotě prokluzovala a při zvyšování teploty motoru lineárně tuhla a kladla větší odpor. V důsledku toho je vrtule chladiče unášena větší silou. Existuje i provedení nezávislé na teplotě, které dokáže pohánět ventilátor mezi 1200 až 2200 otáček za minutu. Spojka zlepšuje spotřebu výkonu ventilátoru a také snižuje hluk. Dalším možným typem provedení je elektricky poháněný ventilátor. [8] [9] [10]

4.2.3.2 *Termostat*

Termostat slouží k regulaci na základě teploty. Jedná se o ventil ovlivňující množství jím protékající chladicí kapaliny. Díky termostatu je možné urychlit ohřev motoru a regulování chladicí kapaliny. Nejčastěji se termostat umísťuje k hornímu připojení hadice k chladiči. Některé motory mají termostat umístěn u spodní hadice chladiče nebo u sací přípojky. [8]

Vedle termostatu je obtok provozující cirkulaci chladicí kapaliny mezi vodním čerpadlem a chladícím pláštěm motoru. Ten je využíván během provozu studeného motoru, kdy je termostat uzavřený. Tato cirkulace zajišťuje rovnoměrnější ohřev motoru. Často je použit třicestný termostat, který při plném proudění chladicí kapaliny k chladiči plně uzavře obtok. [8]

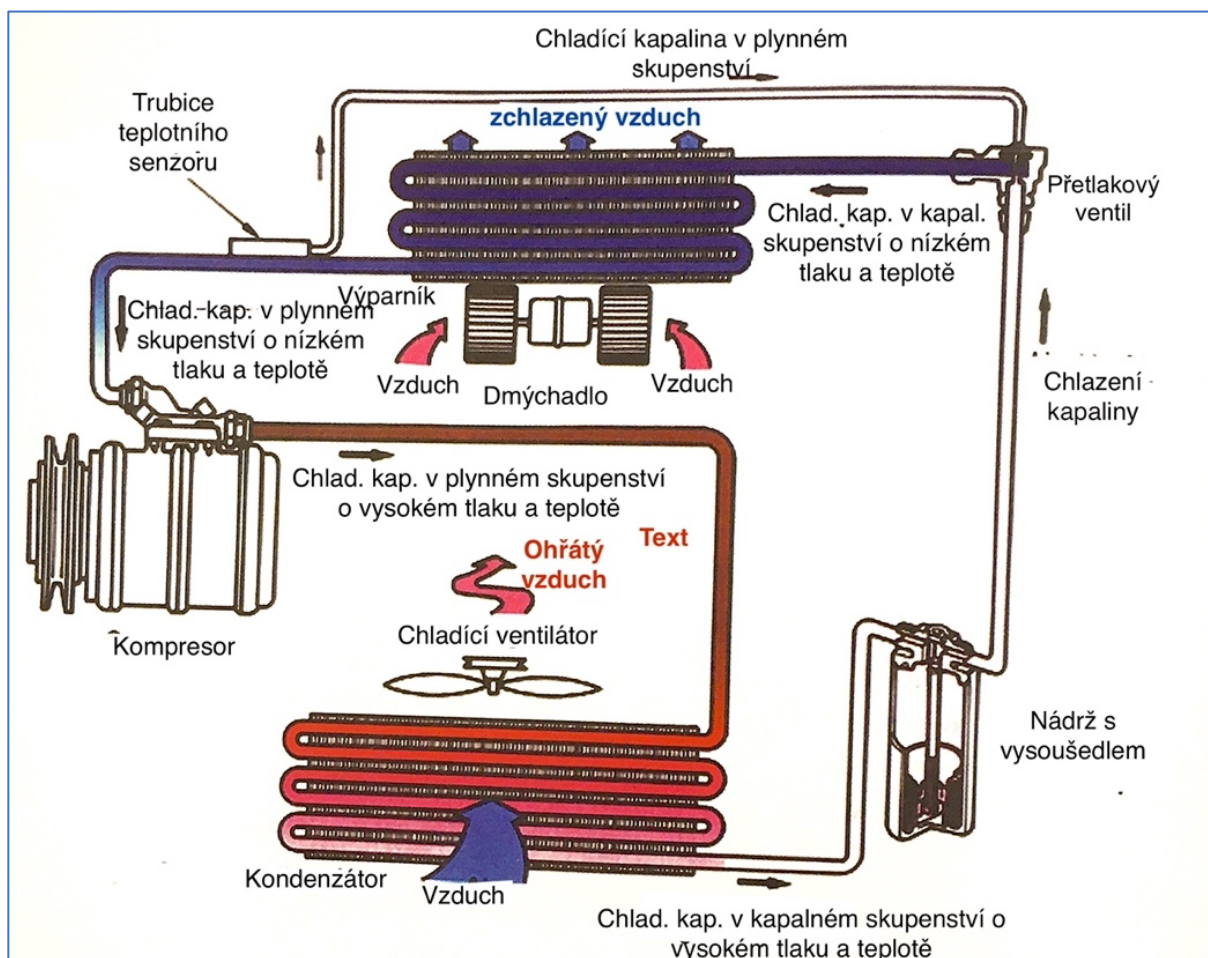
4.2.3.3 *Vodní pumpa*

Vodní pumpa tlačí chladicí kapalinu do systému. Ve většině případů se nachází v chladícím okruhu před ochlazovacím pláštěm motoru. Vodní pumpa je poháněná motorem automobilu přes hnací řemen nebo pouze přes ozubená kola. Je realizovaná pomocí objemového odstředivého čerpadla. Samotná chladicí kapalina přichází do vodní pumpy (čerpadla) středem, kde je následně unesena oběžným kolem a rotací tlačena ven výstupem. [8]

4.2.3.4 *Tepelný výměník*

Tepelný výměník slouží k předání tepla z chladicí kapaliny do vzduchu. Aby došlo k efektivnímu předání, má výměník žebra s dostatečně velkou plochou pro kontakt se vzduchem. Většinou je konstrukce žebrování buněčnou formou. V tomto provedení se ve výparníku nachází trubky ze spojených vlnitých plechů z mosazi nebo hliníku a žebra jsou mezi dvojice těchto trubek připevněna. [8]

4.2.4 Ochlazení vzduchu



Obrázek 7 – Soustava klimatizace TXV [9]

Ochlazování vzduchu v kabině automobilu je dnes standardem. Ovšem velké množství dnešní populace si pamatuje auta bez klimatizace i přes to, že byla poprvé výrobcem nainstalována do automobilu už v roce 1953. Klimatizační systém v některých principech funguje obdobně jako systém ohřevu a také na stejných fyzikálních principech. Úkolem systému je ochladit vzduch proudící do kabiny automobilu. Na základě technologie pro řízení průtoku chladicí kapaliny se můžeme setkat se systémy s clonou (OT) nebo se systémy tepelných expanzních ventilů (TXV). Pro základní popis systému je dobré ho rozdělit na část s nízkými tlaky a na část s vyššími tlaky a vyšší teplotou. Úsek s nízkým tlakem začíná v systému TXV u expanzního ventilu, ze kterého kapalina o nízké teplotě směřuje k odpařovači. Tam kapalina pohltí teplo a následně pokračuje jako plyn znovu přes expanzní ventil do kompresoru. V systému OT začíná část s nízkým tlakem ve Venturiho trubici, odkud kapalina o nízkém tlaku pokračuje do odpařovače. Z něj v plynném stavu proudí do sběrače s tlakovým ventilem, vysoušecím sáčkem a v nejnižší části otevíratelného zásobníku oleje s jeho filtrem. Ze sběrače plyn s nízkým tlakem pokračuje do kompresoru. V kompresoru se pro obě varianty plyn o nízké teplotě stlačuje a tím

se prudce zahřívá. Výstupem je tak plyn o vyšší teplotě a tlaku, který do kondenzátoru vstupuje v horní části. V kondenzátoru postupně horký plyn zkapalňuje především díky velkému rozdílu mezi teplotou plynu a teplotou venkovní. Následně v kapalné formě o nízké teplotě ale vysokém tlaku odchází spodním otvorem z kondenzátoru. Ve variantě TXV je kapalina přes nádrž kapaliny přivedena do expanzního ventilu na koncový bod části s vysokým tlakem. U varianty OT je kapalina z kondenzátoru přivedena do Venturiho trubice, která zakončuje část s vysokým tlakem. Systém TXV je možné vidět na obrázku 7. Červenou barvou je označena část systému, kde má chladicí kapalina vysokou teplotu a velký tlak. Modrou barvou je pak označena část s nízkými teplotami a tlakem. [8] [9] [11]

Mezi systémy OT a TXV je dále rozdíl v umístění servisních portů v části s vyšším tlakem a dále v použité součástce ovlivňující množství chladicího média před kondenzátorem. U OT se jedná o jednofunkční nebo dvoufunkční spínač pro zadržování chladiva. U TXV je použit multifunkční tlakový přepínač. [8] [9]

V následující specifikaci součástí bylo zvoleno seřazení po směru chladicí kapaliny od druhé součástky. Jako poslední byly zvoleny komponenty snižující tlak média z důvodu lepšího pochopení fungování těchto složek. [8] [9]

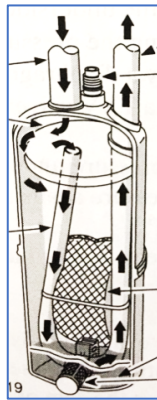
4.2.4.1 Výparník

Výparník je výměník tepla sloužící k pohlcení teploty z proudícího vzduchu. Je to nejbližší komponent měnící kvalitu vzduchu v kabině vozidla. Výparník se podobá kondenzátoru a tepelnému výměníku. Je žebrovaný a má velkou plochu pro kontakt s proudícím vzduchem. Skrze žebrování prochází trubice, které jsou spojeny koleno mimo konstrukci a tvoří tak celistvou soustavu s počátečním a koncovým otvorem. Do trubice ve spodní části výparníku vstupuje chladicí kapalina s nízkým tlakem a během průchodu dojde k zahřátí vedoucí k přeměně skupenství z kapalného na plynné. Výstupem je tedy plyn se stále nízkým tlakem. [8] [9]

4.2.4.2 Sběrač

Sběrač (systém OT) je nádoba s kapacitou pojímající přibližně 1 litr vody. Hlavními účely jsou zadržování kapalného chladiva, udržování jeho rezervy a také odstraňování vlhkosti ze systému pomocí vysoušedla. K odvodu plynného chladiva slouží trubice uvnitř nádoby. Trubice má otvor pod kupolovitou stěnou blízko vrchní stěně nádoby viz obrázek 8. Tato konstrukce zajišťuje oddělení kapaliny od chladiva v plynném stavu. Trubka následně míří od otvoru ke spodní stěně nádoby, kde je odtok oleje, který je chráněn filtrem proti možnému zanesení

nečistotami viz obrázek 8. Olej v systému zajišťuje promazávání kompresoru, aby nedošlo k jeho zadření. Od odtoku oleje trubka může pokračovat ven skrz spodní stěnu, nebo se vrací k horní stěně a vystupuje zde viz obrázek 8. Kromě odlučování oleje je potřeba zachycovat vodu v systému. K tomu slouží vysoušedlo v podobě molekulárního síta v látkovém sáčku. Jedná se o chemické vysoušecí činidlo pohlcující stopy vodní páry ze systému, aby nedošlo k jeho poškození. K tomu by mohlo dojít například při zablokování průtoku chladicí kapaliny zamrznutou vodou nebo korozi kovových částí kyselinou vytvořenou spojením vody a chladicí kapaliny. [8]



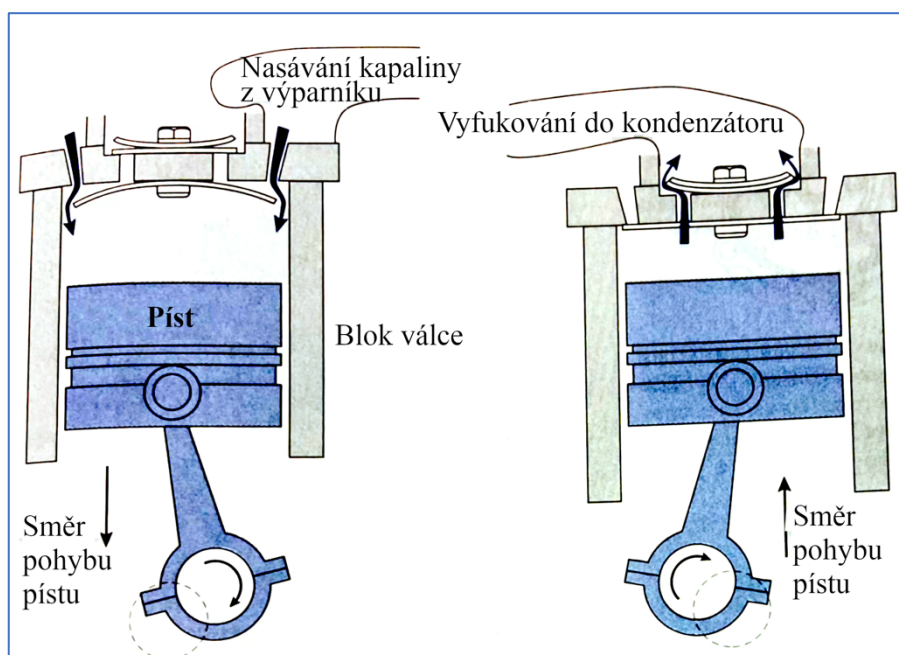
Obrázek 8 – Sběrač (OT) [8]

4.2.4.3 Kompresor

V cestě kapaliny se nachází další poměrně komplexní součástka, a to samotný kompresor. Ten zajišťuje správný tlak a teplotu chladiva. Kompresor je nejběžněji poháněn přes magnetickou spojku a řemen motoru automobilu. Spojka je ovládaná elektronicky na základě dat ze senzorů. Sensory měří teploty a tlaky v některých místech systému. Důležité je například zvýšit teplotu a tlak v případě námrazy nebo přímo ledu na žebrech kondenzátoru. Kompresor je také na základě informací o tlaku ze senzorů úplně vypnut a po dosažení určité výše tlaku zase automaticky zapnut. [8] [9]

Kompresory mají svůj výkon během své činnosti pohybující se v kompresním poměru 5:1 až 8:1. Kompresní poměr je rozdíl mezi objemem nasátého vzduchu a objemem vzduchu stlačeného. Aktuální kompresní poměr ovlivňuje teplota exteriéru vozidla a typ chladicí kapaliny. Teplota plynné chladicí kapaliny musí být taková, aby přesahovala teplotu venkovního vzduchu a zároveň bylo dosaženo předání veškerého tepla výparníkem. Pro stlačení chladicího média se používají konstrukce s písty, rotačními lopatkami a spirálové konstrukce. Písty v kompresoru se podle jejich pohybu nazývají vratné písty. Jejich trajektorie je nahoru a dolů, vracejí se tedy do původní polohy. Konstrukce s písty lze ještě konkrétněji rozdělit na typ, kterému pohyb pístu ovládá kliková hřídel. Další možností jsou vratné písty v axiální

poloze uchyceny na kolísavé desce nebo kyvné desce. Poslední typ má radiální píсты instalované na třmen. Pístové kompresory pro regulaci průtoku chladiva do komory pístu používají tenký kovový pásek, který je pružný a říká se mu jazýček. Pásek zakrývá otvor do komory a slouží jako jednocestný zpětný ventil. V kompresoru nalezneme dva ventily na jeden píst. Tlak při stlačení přitáhne první jazýček k otvoru a tak ho utěsní, při pohybu dolů první jazýček tlak z otvoru ohne tak, aby chladicí kapalina mohla proudit. Druhý jazýček umožňuje opuštění kapaliny při stlačení a zároveň otvor uzavře při zpětném pohybu pístu. Pohyb jazýčku ukazuje obrázek 9. [8] [9] [12]



Obrázek 9 – Detail pístového kompresoru [8]

U rotačních kompresorů by bylo možné použít skoro každou technologii vzduchových čerpadel, ale v tradičních automobilech se používají pouze lopatkové a spirálové kompresory. Lopatkové kompresory používají pro stlačování vzduchu lopatky, které jsou vloženy do rotoru. Lopatky se na jedné straně rotoru zasouvají a na druhé vysouvají. Lopatky se pohybují v prostoru komory, která bývá kulatého, excentrického tedy nesoustředného a eliptického tvaru. Eliptický tvar komory umožňuje oproti zmiňovaným dvěma tvarům pouze místo jednoho stlačení na lopatku a otáčku stlačení dvě. Dříve se používaly dvě lopatky, moderní varianty mají lopatek pět. Ty během otáčení nasávají chladicí kapalinu ve fázi, kdy je lopatka vysunuta od rotoru nejvíce. V tomto místě je vstup chladicí kapaliny. Po opuštění nasávacího otvoru se začne prostor mezi stěnou a rotorem zmenšovat, lopatka zajíždí do rotoru a chladicí kapalina je stlačována. V místě největšího stlačení je otvor pro opuštění komory chladicí kapalinou. Lopatka je zde maximálně zastrčená a v další otočce se vše znovu opakuje, pokud tedy není

komora tvaru eliptického, v takovém případě lopatka stihne tyto fáze dvakrát za otočku. Výhodou je kompaktnost a rovnoměrný chod. [8] [9] [12]

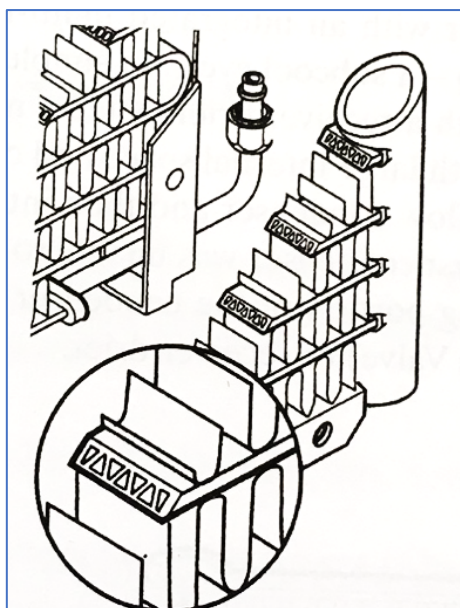
Spirálové kompresory využívají pro stlačování vzduchu dvě spirálové součásti. Jedna z nich je nepohyblivá, pevně připevněná ke konstrukci kompresoru a druhá je pohyblivá. Pohyblivá část se pohybuje po oběžné dráze tak, že souřadnice středu se pohybují pouze po ose x a y. Pohyblivá část nerotuje kolem osy z, přestože je poháněna klikovou hřídelí. K převodu směru sil z rotačního pohybu slouží excentrické pouzdro a protizávaží na hřídeli. Na vnějším kraji konstrukce kompresoru se nachází vstupní otvor, kterým chladivo vstupuje. Během pohybu pružiny je postupně stlačováno a přesouváno ke středu, kde se nachází výstupní otvor. Kompresor má většinou více než jednu komoru pracující současně. Výhodou této konstrukce je hladký chod a malý záběrný moment umožňující použití malé spojky, tím získává větší efektivitu a možnost využít vyšších otáček než jiné konstrukce při použití menší hnací řemenice. Nevýhodou je náročnější, a tedy dražší výroba. [8] [9] [12]

Elektrické a hybridní automobily používají kvůli chybějícímu motoru tepelné čerpadlo nebo elektrický kompresor v podobě spirálového kompresoru se stejnosměrným elektromotorem s napájením z baterií. U hybridních automobilů z důvodu nestálého chodu motoru mohou být v systému dva kompresory. Jeden připojený klasicky k motoru a druhý menší elektrický kompresor. Dalšími variantami jsou klimatizace, u nichž je kompresor nečinný, když je nečinný motor, anebo opačná varianta, kdy při spuštění klimatizaci běží motor neustále. [8] [9]

4.2.4.4 Kondenzátor

Kondenzátor je výměník tepla zajišťující odvod tepla z chladiva a tedy ze systému klimatizace. Kompresor do kondenzátoru tlačí chladicí kapalinu v plynné formě. Teplo z chladicí kapaliny je předáno do vzduchu, který prochází kondenzátorem a efektivita tohoto procesu ovlivňuje z velké části celkovou účinnost klimatizace. Do kondenzátoru vstupuje chladicí kapalina v horní části ve formě horké páry, která se následně kondenzuje do chladné kapaliny a stéká směrem dolů ke dnu nádrže. Kapalina ve spodní části kondenzátor opouští. Objem plynu vstupujícího do kondenzátoru je asi 1000x větší než objem chladicí kapaliny, která jej opouští. Kondenzátor jako předchozí výměníky tepla má konstrukci složenou z řady žebek a trubek. Nejeftivnější konstrukcí je ta, kdy se používají ploché trubky a žebrování je mezi nimi viz obrázek 10. Plochá trubka je uvnitř přepažená a tím vznikají oddělené průduchy. Chladicí

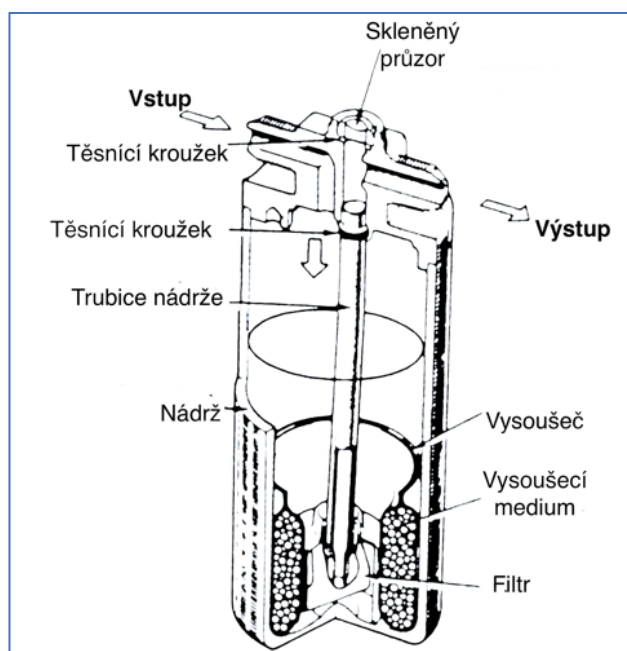
kapalina tak může procházet jednou trubkou v obou směrech. Použití této účinnější konstrukce umožňuje menší rozměry a s nimi spojenou i nižší hmotnost kondenzátoru. [8] [9]



Obrázek 10 – Detail kondenzátoru [8]

4.2.4.5 Nádrž

Nádrž v systému TXV se nachází za kondenzátorem a obsahuje stejně jako sběrač v systému OT vysoušedlo k odstranění vlhkosti a k zajištění rezervoáru pro kapalné chladivo. Většina vysoušedel obsahuje filtr k zachycení nečistot. Oproti sběrači má nádrž v systému TXV jiné vnitřní vedení z důvodu zachycení potenciálního chladiva v plynné formě. Dále do dalších částí systému propouští pouze chladivo v kapalné formě, protože je to nezbytné pro správnou funkci.



Obrázek 11 – Nádrž (TXV) [8]

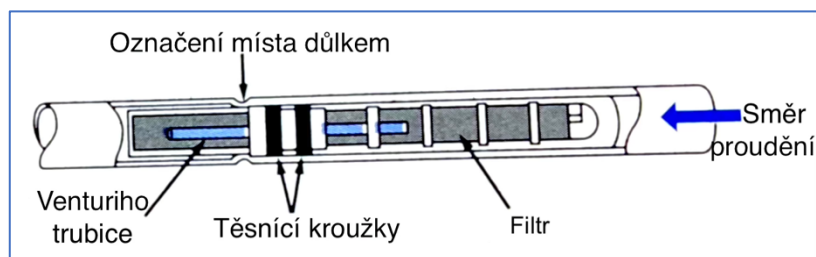
Vstup do nádrže je ve vrchní stěně, vysoušeč se nachází po obvodu v dolní části. Vysoušeč by měl být z poloviny plný kapaliny. Výstup, před kterým se nachází filtr, je zajišťován trubicí ve středu nádrže sahající od horní stěny až ke dnu. Trubice ve spodní části nádrže nasává kapalinu a umožňuje jí přesun k vrcholu, odkud chladicí kapalina nádrž opouští. V některých provedeních se může při výstupu z nádrže nacházet průzor umožňující kontrolu, zda v chladicí kapalině nejsou bubliny. Nádrž je možné vidět na obrázku 11. [8]

4.2.4.6 Expanzní ventil

System TXV (Thermal expansion valve) obsahuje, už ze svého označení, vysokotlaký pojistný ventil. Ten se nachází mezi nádrží a výparníkem. Ventil zajišťuje bezpečné fungování systému, aby vysokým tlakem nedošlo k poškození čerpadla nebo prasknutí systému. Konstrukce ventilu může obsahovat pružinu nebo zastaralou konstrukci s tavnou kovovou vložkou. V konstrukci s pružinou zajišťuje uzavření ventilu silná pružina. K jeho otevření dojde po překonání tlaku, který pružinu stlačí. Při poklesu tlaku se ventil opět uzavře. Konstrukce s vložkou obsahuje tavnou kovovou vložku, která se při překročení tlaku vyfoukne a veškeré chladivo unikne ze systému. V moderních systémech nalezneme spínač HPCO (High pressure carry over). Ten zajistí odpojení kompresoru dříve, než se tlak zvýší natolik, aby expanzní ventil uvolnil chladicí kapalinu. Spínač je dobré používat z důvodu, že odpouštění chladiva ze systému není žádoucí. [8]

4.2.4.7 Venturiho trubice

V systému OT (Orifice tube) se nachází Venturiho trubice zajišťující snížení tlaku chladicí kapaliny. Nachází se mezi kondenzátorem a výparníkem. Z důvodu, že trubice nemění svůj průměr, má tento systém nevýhodu v nemožnosti regulovat průtok na základě teploty ve výparníku oproti systému TXV. Výhodou je jednodušší a levnější provedení. Venturiho trubice je znázorněna na obrázku 12. [8]



Obrázek 12 – Venturiho trubice (OT) [8]

4.3 Systémy prevence snížené pozornosti

V automobilech se nachází spousta zařízení, a kromě již zmíněných komponentů pro úpravu vzduchu a dalších strojních dílů se v automobilech nachází ve větším počtu i prvky zajišťující větší bezpečnost v provozu. Tyto prvky jsou především senzory, jejichž výstupy vyhodnocuje řídicí jednotka. Dnes je již standardem adaptivní tempomat, varování před mrtvým úhlem, varování před vyjetím z jízdního pruhu a další systémy a automatizované funkce. Všechny pokročilé asistenční systémy nebo automatizované funkce mají za úkol snížit riziko chyby řidiče nebo se aspoň pokusit jeho chybu napravit a zvýšit tak bezpečnost. Tyto systémy jsou navrženy pro konkrétní situace a v některých situacích mohou přebírat část činnosti řidiče. Dnes je ale stále nutné, aby byl řidič schopen převzít řízení. Pro budoucnost automobility jsou tyto systémy stavebním kamenem. V budoucnu lze očekávat komunikaci těchto systémů nejen v rámci konkrétního automobilu, jak je tomu již dnes, ale mezi všemi účastníky provozu, možná i celým okolním prostředím. Automobily s těmito asistenčními systémy se rozdělují do několika úrovní. Bylo navrženo několik různých definic rozdělení těchto úrovní. Tyto definice zajišťovaly jasnost a konzistentnost v různých obdobích. Dnes je nejrozšířenější definice podle Mezinárodní asociace automobilových inženýrů. Ta stanovila šest úrovní podle nutnosti zásahu člověka do řízení. Na úrovni nula dělá vše lidský řidič. V úrovni jedna člověk může pomáhat automatizovaný systém během vybraných úkonů a člověk přebírá některé části řízení. Na úrovni dva již automatizovaný systém může skutečně přebírat některé části řízení, během čehož člověk sleduje prostředí a provádí zbytek úkonů. Ve třetí úrovni automatizovaný systém skutečně přebírá některé části úkonů řidiče a může monitorovat prostředí řidiče. Člověk musí být připraven kdykoliv převzít řízení, pokud si to systém vyžádá. Na úrovni čtyři může systém také převzít řízení a monitorovat řidiče, ale oproti třetí úrovni řidič nemusí převzít kontrolu nad vozem. Čtvrtá úroveň funguje pouze v určitém prostředí a za určitých podmínek. Na úrovni pět může automatizovaný systém provádět všechny řidičské úkony za veškerých podmínek. U automobilů na třetí až páté úrovni je možné mluvit o vysoce automatizovaném vozidle. [13] [14]

Tyto systémy však mohou mít i negativní vliv na chování řidičů, mohou být nepřesné například v noci nebo za deště, a v neposlední řadě nemusí být dostatečně vyzkoušené. Řidiči si při pořízení vozu nečtou uživatelskou příručku a spoléhají se na své dosavadní zkušenosti z řízení, na metodu pokus omyl nebo krátkého popisu produktu v autosalonu. V provozu pak mohou nastávat nesrovnalosti v jejich představě o tom, jak systém funguje a tyto nečekané situace je pak mohou nemile překvapit. Z dvěstědvaceti účastníků studie uvedlo

75,8 %, že dostali nějaké informace a instrukce o systému v jejich vozidle v autosalonu. U pouhých 16,6 % bylo provedeno normalizované proškolení. Zaškolení řidiči v dotaznících uvádějí, že systém je daleko efektivnější, než to bylo u řidičů s pouze povrchovými informacemi. Důvěra řidičů k systémům lineárně roste s dobou, kdy automobil se systémem používali. Naopak v případě neočekávaného chování vozidla byla důvěra snížena. [13] [14] [15]

V praxi je možné se setkat s celou paletou asistenčních systémů. Lze je rozdělit na prvky aktivní bezpečnosti pro zabránění nehodě a systémy pasivní bezpečnosti pro snížení následků nehody. Mezi aktivní prvky patří elektronické stabilizační systémy, ABS, asistent jízdy v kolonách, systém sledování jízdního pruhu, kontrola mrtvého úhlu, adaptivní tempomat, funkce nouzové brzdy city, multikolizní brzda, systém k rozpoznání únavy řidiče, systém nočního vidění, adaptivní světlomety, rozpoznávání dopravních značek, rozpoznávání chodců a cyklistů, bezpečnostní funkce MyKey, automatický parkovací asistent, systém upozornění na vozidla blížící se z boku, navigační systém. Mezi systémy pasivní bezpečnosti patří aktivní ochrana cestujících, systémy chránící chodce v případě střetu s vozem, bezpečnostní pásy, airbagy, dětské autosedačky, prevence ochrany krční páteře. Ponehodovým systémem je pak ECall, který snižuje čas příjezdu záchranných složek. [16]

V České republice se mezi lety 2011 a 2021 stalo 1 029 012 nehod, v nichž bylo usmrceno více než 6 000 osob a těžce zraněno bylo 255 619 osob. V naturalistické studii pro 100 vozů byl důvodem vliv nepozornosti řidiče u 87 % nehod. Podle Evropského parlamentu je až 95 % nehod způsobeno lidskou chybou. Z tohoto důvodu jsou tyto systémy vyvíjeny a aplikovány v moderním automobilovém průmyslu. Podle předpokladu Evropského parlamentu by se díky povinné integraci asistenčních systémů do nových automobilů od roku 2022 mělo v Evropě do roku 2038 zachránit více než 25 000 životů a zabránit nejméně 140 000 vážným zraněním. [17] [18] [19]

4.3.1 Elektronické stabilizační systémy

Tento systém je možné najít pod zkratkou ESP (Electronic Stability Program) nebo ESC (Electronic Stability Control). Systém redukuje nebezpečí smyku a zajišťuje stabilitu a kontrolu nad vozidlem například při rychlém průjezdu zatáčkou nebo na kluzkém povrchu. Tento systém byl představen už v roce 1995 firmou Bosh ve spolupráci s Daimler-Benz. V Evropské unii je od roku 2011 systém povinně instalován do nových aut. [20]

System na základě vyhodnocování dat ze senzoru snižuje kroutící moment motoru a individuálně přibrzdí kola. Pokud tento systém započne vyrovnávání automobilu, brždění kol vydává charakteristický zvuk. Společnost Bosh své portfolio rozšířila o systém MSC (Motorcycle Stability Control), což je systém ESP pro jednostopá vozidla. ESP využívá systém ABS (Anti-lock Braking System), ASR (Anti-Slip Regulation), EDS (Elektricky řízený diferenciál), korekci řízení, HCC (Hill Hold Control) a MBA (Mechanic Brake Assist), nebo HBA (Hydraulic Brake Assist). [20]

4.3.2 Systém regulující otáčení kol

Dalším systémem zajišťujícím ovladatelnost vozu je ABS (Anti-lock Braking System). Tento systém reguluje během brždění brzdovou sílu a tím zamezuje zablokování kol. Zablkování kol by mohlo vést ke smyku. Znatelným rozdílem v ovladatelnosti mezi auty s ABS a bez něj je jejich užití na kluzkém povrchu. Stále protáčení kol je sice výhodné pro ovladatelnost, ale na některých površích může brzdovou dráhu prodloužit, a to například na sněhu nebo šterku. Během regulace brždění kol systémem ABS systém znatelně upozorňuje řidiče zvukem a klepáním do pedálu. Tak řidič ví, že existuje potenciál pro blokování kol. Pokud je v automobilu aktivní systém ABS, řidič by neměl provádět dříve používanou techniku přerušovaného brždění, které sice zabraňuje zablkování kol v autech bez ABS, ale dnes tuto metodu ABS simuluje a použití kombinace této techniky a ABS snižuje účinnost brždění. Pokud brzdíme se systémem ABS je nutné, aby byl sešlápnutý brzdový pedál. [21]

Podobným systémem v tom, že reguluje otáčení kol, je ASR (Anti-Slip Regulation). Ten zabraňuje protáčení hnacích kol během zrychlování. Systém sleduje pomocí snímačů ABS otáčky kol a při jejich protáčení zakročí v podobě regulace otáček motoru. Tímto způsobem se automobil přizpůsobuje jízdním podmínkám. Systémy ASR a ABS spolu spolupracují a pokud dojde k poruše ABS, přeruší se fungování ASR. [21]

4.3.3 Brzdoví asistenti

Systémy MBA (Mechanic Brake Assist) a HBA (Hydraulic Brake Assist) jsou asistenti maximalizující brzdový účinek v krizových situacích. Oba mají stejnou funkci, rozdíl je převážně v použité technologii brzd. Tedy zda jsou mechanické nebo hydraulické. Vznikly na základě situací, kdy řidiči v krizi nedošlápnou brzdový pedál a brzdy tak nemají dostatečný účinek. Vůz tak urazí mnohem větší vzdálenost, než by mu stačila na zastavení při použití maximálního brzdového účinku. Tento asistent je aktivován při prudkém brždění a rychle vytvoří dostatečný tlak v brzdovém systému, větší než při standardním brždění. Asistent skvěle

spolupracuje se systémem ABS a najdeme ho jako součást systému ESP. Stejně jako u ABS je nutné držet brzdový pedál pevně po celou dobu brždění. V případě přerušení brždění a následném standardním sešlápnutím pedálu se asistent nespustí a brzdy fungují standardně. [22]

Asistent rozjezdu do kopce má zkratku HHC (Hill Hold Control) a ulehčuje řidičům rozjezd do stoupání při jízdě vpřed i při couvání. Systém drží tlak v brzdách 2 vteřiny po uvolnění brzdového pedálu způsobené přemístěním řidičovy nohy na plynový pedál. Pokud se řidič do 2 vteřin nerozjede, brzdový systém se přesto uvolní a automobil se začne pohybovat směrem ze svahu. Pokud k rozjezdu dojde dřív než po uplynutí 2 vteřin, auto se automaticky odbrzdí. Tlak v brzdách totiž reaguje na přidávání plynu. Systém je aktivní, pokud se automobil rozjíždí do kopce s alespoň pětiprocentním stoupáním a dveře řidiče jsou zavřené. Při rozjezdu z kopce není asistent aktivní. [22]

4.3.4 Asistent jízdy v kolonách

Tento systém sleduje pomocí radaru v přední části automobilu dopravu před sebou. Radar nepřetržitě měří vzdálenost mezi vlastním automobilem a vozidlem před sebou. Na základě dat pak vyhodnocuje, zda je šance ke kolizi a pokud ano, aktivuje brzdový systém z důvodu snížení následků možné kolize. Systém lze rozdělit do čtyř možných kroků z hlediska zásahu do vjemů řidiče nebo řízení. V každém z následujících kroků lze ukončit sekvenci tím, že řidič zareaguje, nebo se automobil vzdálí z jiného důvodu. V prvním kroku pouze vizuálně upozorní řidiče na kratší vzdálenost od auta před ním. V druhém kroku navíc připojí k vizuální i zvukovou signalizaci a nachystá brzdovou soustavu na prudké brždění. Ve třetím kroku automobil varovně cukne. Cuknutí automobilu je vyvoláno krátkým prudkým přibrzděním a následně automobil začne automaticky brzdit. Ve čtvrtém kroku se brzdový asistent přepne na nejvyšší citlivost a pokud řidič stále nereaguje, dojde k brždění o nejvyšší intenzitě. Tento systém může snížit následky kolize nebo kolizi úplně zabránit. Pokud by v Evropě tento systém fungoval u všech vozů, mohlo by dojít ke snížení počtu těžkých zranění o 2000 a záchránění přes 130 lidských životů. [16]

4.3.5 Systém sledování jízdního pruhu

Tento systém funguje až od $65 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a zamezuje nevědomému vyjetí z jízdního pruhu. Pokud automobil zaznamená vyjetí z jízdního pruhu, nastane náprava a vůz je opět vrácen do svého pruhu. Pokud se však na vozovce nevyskytují vizuální značení pruhů, systém nemůže plně zajišťovat stanovenou spolehlivost. Řidič má vždy možnost převzít kontrolu nad vozidlem.

System přeruší své standardní chování v případě, že před přejetím pruhu je spuštěna světelná signalizace směru jízdy, tedy blinkr. Pokud by došlo k nestandardní situaci, například kolapsu řidiče, systém udrží automobil ve svém pruhu. Následně vozidlo zajede ke krajnici, kde zastaví a rozsvítí výstražná světla. Použitím tohoto systému u všech vozů v Evropské unii by mohlo dojít k záchraně až 5 000 životů a zamezení 40 000 těžkých zranění. [16] [23]

4.3.6 Kontrola mrtvého úhlu

System kontroly mrtvého úhlu (Blind spot assist) slouží k upozornění řidiče, že se k němu z boční strany přibližuje překážka. Často se stává, že v takových případech řidič nemá možnost druhé auto vidět ani v jednom ze zrcátek, občas ani kdyby se otočil za sebe. Nebezpečí takové srážky pak nejvíce hrozí při předjíždění na dálnici nebo ve městě, kdy řidič začne vjíždět do pruhu, ve kterém je automobil, který ho měl v plánu předjet, nebo jel rychlostí korelující s rychlostí automobilu prvního řidiče. Až k 10 % nehodám dojde mezi vozy jedoucími stejným směrem a Asistent kontroly mrtvého úhlu by těmto střetům mohl zabránit tím, že sleduje oblast 3 m za autem a 3,5 m do strany. Pokud zaznamená automobil, upozorní řidiče zvolenou metodou. Základní možností je dioda v zrcátku, která se pro upozornění rozsvítí. Další možností může být systém, který reaguje na činnosti spojené se začátkem najíždění do prostoru možné kolize. Prvním takovým chováním systému může být rozblikání diody a zaznění zvuku symbolizující varování. Pokud najíždění pokračuje, mohou být v automobilu další prvky pro zamezení kolize. Například se automobil může držet ve svém pruhu, aby mohl druhý vůz bezpečně projet. Držení v pruhu může být realizováno pomocí přibrzdění kol nebo dokonce točením volantů. Tomuto zásahu do řízení je však možné řidičem zabránit a systém tak nezabrání přejetí do prostoru možné kolize. Řidič v takovém případě ucítí tlak nebo vibrování volantů. Poslední možností je situace, kdy systém pro snížení následků kolize zabrzdí celým svým brzdovým účinkem. Tento systém lze použít i při parkování pro sledování chodců nebo jiných aut. Amatérskou alternativou zmiňovaného systému jsou různé úpravy zrcátek a jejich rozšíření. Toto řešení může být nebezpečné kvůli snížení rychlosti reflexů z důvodu nezvyklého pohledu. Navíc se snižuje orientace v prostoru. [16] [24]

4.3.7 Adaptivní tempomat a funkce nouzové brzdy city

Adaptivní tempomat (ACC) slouží k regulaci rychlosti vozidla a udržování předem stanovené vzdálenosti od vozidla jedoucího před ním. Díky tomu je možné snížit stres a také vysoké nároky na pozornost při jízdě v hustém provozu. System zasahuje jak do brzdové soustavy, tak i do činnosti motoru. ACC je možné používat už od rychlosti vyšší než 30 km/h. System udržuje

rychlost stanovenou řidičem do doby, než se před ním objeví vůz s nižší rychlostí. V takovém případě systém ACC přizpůsobí rychlost. Pokud automobil před ním zrychlí nebo odbočí do jiného pruhu, automobil se vrátí k rychlosti stanovené řidičem. Existuje i verze pro rychlost pod 30 km/h pojmenovaná ACC stop & go. Tento typ ACC umožňuje regulovat nastavenou vzdálenost i při velmi nízkých rychlostech a dokáže zpomalit až zastavit. Data pro tyto zásahy získává z předního radarového snímače nebo z víceúčelové kamery. Přední radarový senzor má velký rozsah sledování objektů před ním. Víceúčelová kamera se přidává k radarovému senzoru. Má mnohem nižší, ale přesto dostatečný rozsah k získávání komplexnějších informací o provozu. Kamera využívá umělou inteligenci a algoritmy k práci s obrazem, který je stále aktualizován a rychlé zpracování je tedy velmi důležité. Je schopna evidovat vozy vjíždějící nebo vyjíždějící z pruhu řidiče o dost dříve a systému tak umožňuje lépe reagovat. Při využívání ACC je i nadále povinnost řidiče sledovat rychlost i vzdálenost od auta před ním. Pokud by tento systém byl implementován do všech automobilů, zabránilo by se až 13 % nehod na dálnicích. [16] [25]

Funkce nouzové brzdy funguje podobně jako ACC s tím rozdílem, že po zaznamenání objektu před vozidlem reaguje automatickým zabrzděním. Systém funguje do 30 km . h⁻¹ a sleduje prostor ve vzdálenosti až 10 metrů. Mezi detekcí objektů a nouzovým bržděním systém čeká na možnou reakci řidiče a připravuje brzdové soustavy. Pokud řidič nezareaguje včas, systém začne prudce brzdit. [16] [26]

4.3.8 Multikolizní brzda

Tento systém slouží pro snížení následků kolize. Funguje tak, že po prvním nárazu (například do svodidla) a vystřelení airbagu se automaticky aktivuje Multikolizní brzda, která spustí brzdový systém. Díky tomu se sníží možné riziko druhého nárazu. Ten může vzniknout pokračováním vozu v jízdě po odrazu od svodidla a následném vjetí do cesty protijedoucímu automobilu. Bez tohoto systému by většina řidičů nestihla zareagovat sešlápnutím brzdového pedálu. Predikce je taková, že pokud by všechna auta v Evropě měla Multikolizní brzdu, snížil by se počet obětí při nehodách o 8 % a počet těžce zraněných o 4 %. [16]

4.3.9 Systém k rozpoznání únavy řidiče

Pokud je řidič unavený, řízení auta je velice nebezpečná činnost. Únava, ospalost a nižší pozornost způsobují až třetinu dopravních nehod. Chování ospalého řidiče je podobné chování při řízení pod vlivem alkoholu. Rozdílem může být to, že řízení pod vlivem alkoholu si většina lidí spojuje s velkým hazardem o svůj život, oproti tomu unavený člověk si riziko způsobení

smrtné nehody neuvědomuje. Přesto únava způsobuje více nehod než jízda v podnapilém stavu. V noci, kdy je provoz velmi slabý, může monotónní jízda člověka unavovat. K tomu se přidá projev biologických hodin a není divu, že smrtelné riziko v noci stoupá až pětkrát. Noční únava se nedá nijak potlačit. Monotónní činnost společně s únavou může také vyvolat mikrospánek. Ten nastává neočekávaně a na velmi krátkou dobu, přesto tento okamžik může nést fatální následky. [27]

Prevence zabraňující usnutí je například zákonem stanovená povinnost odpočinku u profesionálních řidičů. Další možností může být systém k rozpoznání únavy řidiče. Tento systém analyzuje styl jízdy a z chybných odchylek dokáže rozpoznat snížení koncentrace. Výrazné odchylky chování od pozorovaného jsou brány jako znak únavy. Na základě toho je šofér vizuálně upozorněn ikonou na přístrojovém panelu a je mu doporučeno zastavit a odpočinout si. Pokud to řidič ignoruje, následuje upozornění v agresivnější červené barvě a po chvíli i zvukové znamení. [16]

4.3.10 Systém nočního vidění

Kromě únavy má řidič v noci fyzicky sníženou schopnost vidění, proto byl vyvinut systém nočního vidění. Tento systém funguje na principu infračerveného záření. Řidič pak může vidět na svém přístrojovém panelu aktuální obraz cesty před ním. Noční vidění má dosah až 150 metrů. Oproti automobilu pouze se standartními světlomety je výhoda v tom, že noční vidění může upozornit na překážky s nízkým kontrastem od okolí už mnohem dříve, například na chodce v tmavém oblečení, silniční kužel, nebo jinou překážku na vozovce. [16]

4.3.11 Adaptivní světlomety

Adaptivní světlomet je systém, který nejen zlepšuje viditelnost, ale také snižuje počet úkonů řidiče. Díky tomu nemusí neustále vypínat dálková světla, pokud jede automobil do protisměru nebo dojede auto před ním. Pokud na vypnutí světlometů zapomene, se systémem se vyhne nejen upozornění v podobě oslnění od protijedoucího automobilu ale také viny, pokud by oslněný řidič protijedoucího vozu způsobil nehodu. [16] [28]

Adaptivní světlomety upravují směr svícení světlometů. Regulují výšku světelného kuželu na základě vozovky. Dále umí systém zaznamenat protijedoucí nebo před ním jedoucí vůz a nastavit světla tak, aby automobily nebyly oslňovány. Světlomet kopíruje jízdu protijedoucího automobilu a svítí pod úhlem, který zajistí, aby kužel svítil vedle automobilu a řidiče neoslnil. Pokud je protijedoucí vůz velmi blízko, konkrétní dálkové světlo se

automaticky vypne. Po projetí protijedoucího vozu se světla zase spustí v poloze, která osvětlí největší možný prostor před vozem na základě aktuálního provozu. [16] [28]

Tento systém by v případě použití u všech automobilů v evropských zemích mohl snížit počet těžkých autonehod o 15 %. Počet obětí nebo těžkých zranění by se snížil až o 1 000 případů. K těmto nehodám nejčastěji dochází v zatáčkách během noci. [16] [28]

4.3.12 Rozpoznávání dopravních značek

Systém rozpoznávající dopravní značky usnadňuje řidiči jízdu po dopravních komunikacích. Tento systém by mohl na první pohled působit jako něco, co dovoluje řidiči nesledovat dostatečně provoz. Opak je však pravdou a systém může pomoci třeba v situaci, kdy je nutné sledovat spoustu věcí interagujících s provozem a v takové situaci může dojít k přehlednutí dopravního značení. Například při situacích, kdy je nutné sledování chodců v blízkosti komunikace, nestandardně se pohybujících vozů podezřelých z možného způsobení kolize nebo v hustém provozu. Do systému vstupují data z kamery nacházející se uvnitř automobilu ve zpětném zrcátku. Tato kamera snímá dopravní značky. Systém z kamery porovnává data s navigačním systémem. Upozornění na značku se objeví na multifunkčním displeji nebo na obrazovce navigačního systému v podobě jejího symbolu. Systém rozpoznávání dopravních značek se zaměřuje především na značky omezující maximální povolenou rychlost nebo zákaz předjíždění a s nimi spojené i dodatkové tabulky. [16] [29]

4.3.13 Rozpoznávání chodců a cyklistů

Chodci a cyklisti patří mezi nejzranitelnější účastníky dopravního provozu. Statistiky jsou k cyklistům nemilosrdné a až 14 % ze všech obětí dopravních nehod jsou právě cyklisti. Dokonce 50 % úmrtí cyklistů na silnicích v Evropě jsou způsobena srážkou s automobilem. Systém na rozpoznávání chodců a cyklistů obsahuje radar za mřížkou chladiče, kameru ve zpětném vnitřním zrcátku a centrální řídicí jednotku. Kamera i radar se doplňují a vytváří spolu komplexní informaci. Radar určí vzdálenost od objektu před automobilem a kamera detekuje o jaký objekt se jedná. Pokud systém objeví cyklistu nebo chodce v jízdní dráze, upozorní na to řidiče a připraví brzdový systém. Pokud řidič včas nezareaguje, je systém brzd automaticky aktivován. Systém by mohl pomoci ve městech, kde je 20 až 30 % obětí právě chodců nebo cyklistů. Předpokládá se, že použitím tohoto systému by se množství těchto nehod mohlo snížit až o 10 %. [16] [30]

4.3.14 Bezpečnostní funkce MyKey

Tento systém dovoluje nastavovat omezení některých funkcí vozidla z důvodu zapůjčení vozu čerstvému řidiči. Nejrizikovější skupinou řidičů automobilu jsou právě lidé ve věku do 25 let. Autorem je firma Ford. Systém dovoluje například omezovat maximální dosažitelnou rychlost, nedovolí nastartování motoru před zapnutím bezpečnostních pasů, zobrazí upozornění na nízkou hladinu paliva dříve než standardně, omezí ruční zadání cíle do navigace, pokud není řadicí paka v parkovací poloze a řadu dalších jiných nastavení. Omezení se přiřazuje k libovolnému množství klíčů. Nastavit lze všechny klíče až na jeden. Takovému klíči se říká hlavní klíč a umožňuje práci v nastavení MyKey. Kromě nastavování MyKey přes informační displej lze zjistit množství najetých kilometrů jednotlivých řidičů. Mezi hlavní klíče patří všechny klíče, které nebyly omezeny. Lze vytvořit pouze jeden balíček omezení MyKey k automobilu a tím pádem nelze každému řidiči nastavit individuální omezení. Odhad je takový, že vybavení vozidel tímto systémem by mohlo ročně snížit počet obětí dopravních nehod v Evropské unii až o 150. Přestože by se mohl zdát počet zachráněných obětí zanedbatelný, je nutné si uvědomit, že jen statistické číslo může být pro řadu lidí konkrétní příbuzný, kamarád nebo známý. A proto implementování tohoto systému do moderních aut rozhodně stojí za to. [16] [31]

4.3.15 Automatický parkovací asistent

Nechat si pomoci od systému Automatického parkování je pro mnoho lidí potupné. Tento systém je spíše pro zvýšení pohodlí řidiče, kromě toho ale může předejít drobným nárazům zaviněným špatným odhadem řidiče nebo i kolizím s náhle objevenými objekty v podobě chodců, zvířat nebo jiných automobilů. Systém umí parkovat jak podélně, tak i příčně. Asistenta je nutné zapnout tlačítkem, pokud chce řidič parkovat. Následně jej řidič musí blinkrem informovat na kterou stranu má v plánu zaparkovat. Díky tomu je informován i řidič v provozu blízko něj na to, že se chystá parkovat. Následně řidič pokračuje kolem parkovacích míst a automobil hledá vhodné volné místo. Hledání je prováděno pomocí kamer a senzorů a z dat je vyhodnocováno, jestli se do prostoru auto vleze. Po nalezení místa je tato informace oznámena řidiči pomocí zvukové signalizace a na palubním displeji se objeví instrukce. K počátku parkování dochází po zařazení zpátečky řidičem nebo řídicí jednotkou. Volant má systém pod kontrolou a automobil pak parkuje zcela sám nebo je nutné, aby řidič ovládal brzdový a plynový pedál. Parkování může proběhnout hned, popřípadě nadvakrát, nebo natřikrát. Pokud by se za automobilem objevil objekt, vůz sám zastaví nebo tuto informaci oznámí řidiči a ten zastaví. Vyjíždění probíhá podobným stylem pouze obráceně. Nevýhoda

může být v tom, že systém hledá relativně velké místo na parkování a je možné, že by zkušenému řidiči stačilo místo užší. [32]

4.3.16 Systém upozornění na vozidla blížící se z boku

Systém upozorňující na vozidlo přijíždějící z boku se využívá stejně jako parkovací asistent při parkování. Při vyjíždění z místa může řidiče překvapit vozidlo, které ho objíždí a on neměl čas jej zahlednou konvenčním způsobem. Tento systém je schopný upozornit na blížící se vozidlo až na vzdálenost 30 metrů. Upozornění přichází v podobě zvukové signalizace a může k ní být přidán varovný text zobrazený na displeji ve středu vozu. [16]

4.3.17 Navigační systém

Spousta řidičů uvádí, že kvalitní navigační systém může pomoci s jejich stresem během řízení a také se díky němu více věnují řízení vozidla. Tyto vlivy navigace však nebyly dosud vědecky analyzovány. Hlavním úkolem navigace je najít nejlepší cestu do bodu určeného řidičem. Pokud tento úkol dělá navigace kvalitně, snižuje ujetou vzdálenost až o 16 % a čas na cestě až o 18 %. Aby navigační systém mohl navrhnout vhodnou trasu a sledovat řidiče při jízdě i po ní, využívá několik geoinformačních technologií jako jsou GPS, geografické informační systémy, digitální prostorové databáze a další. Řidič po zapnutí navigace zadá pouze adresu svého cíle. Navigace ho pak vede vizuálně nebo ho navádí pomocí zvukových instrukcí. Dnes tyto systémy umí reagovat na aktuální situaci v dopravě a umí tak řidiče vyvarovat husté dopravě, která ho může stresovat. [16] [33]

4.4 Systémy pasivní bezpečnosti a ponehodové péče

Systémy pasivní bezpečnosti se nestarají o předcházení kolizím, ale o zmírnění následků nehody. Mezi aktivnější systémy patří proaktivní ochrana Crew Protect Assistant a airbag pro chodce. Další pasivní ochranou jsou pásy, airbasy, dětské autosedačky a opěrka hlavy. [16]

Crew Protect Assistant slouží pro ochranu cestujících při nebezpečné situaci. Ta může být vyhodnocena jako kritická automobilem nebo prudkým bržděním. Automobil na takový podnět zareaguje tím, že se připraví do stavu zmiňujícího možnou kolizi. Jedná se o předepnutí všech pásů v automobilu, přivření otevřených okýnek na mezeru asi 5 cm a zavření střešního okna. Zavírání oken je prevence před možným vniknutím předmětu z prostoru mimo automobil. Pokud by se systém Crew Protect Assistant vyskytoval ve všech vozech v Evropě, snížil by se ročně počet obětí o 4 000 a počet těžkých zranění až o 20 000. [16] [34]

Ochrana chodců je systém, který přivede kapotu tak, aby vznikl prostor mezi plochou střetu a tvrdými částmi motoru. Existují dva takové systémy. Prvním je systém aktivní kapoty a druhý je airbag pro chodce. K aktivaci těchto systémů dochází v případě, pokud přední senzory zaznamenají kontakt s objektem a následně je tento objekt vyhodnocen jako lidské nohy. Aktivací systému s airbagem se mechanicky uvolní horní část kapoty a airbag se následně začne nafukovat. Po nafouknutí airbagu je systém připraven ke zmírnění nárazu. Airbag zvedne kapotu o 10 cm a zaplní mezeru mezi kapotou a sklem. Zakryje přibližně jednu třetinu čelního skla a bočních sloupků. Airbagy jsou aktivovány v rámci několika setin sekundy. Systém s aktivní kapotou pouze nadzvedne přední kapotu o 5 cm. Tento proces trvá pouhých pár milisekund. Deformace kapoty umožňuje utlumit sílu nárazu a tím se pokusí snížit možné následky již nevyhnutelné dopravní nehody. [16]

Dalším bezpečnostním prvkem je pás, který je v automobilech už od padesátých let 20. století. Pásky snižují úmrtnost řidičů o 14 %, spolujezdců na předním sedadle o 6 % a na zadním sedadle o 4 %. Navíc zamezují možnému zranění pasažérů v přední části auta, pokud jsou spolujezdcí vzadu připoutáni. Pásky každoročně zachrání přes 12 tisíc životů a pokud by jejich používání bylo téměř stoprocentní, bylo by zachráněno dalších 2,5 tisíce životů. S pásky jsou spjaty i airbagy. Jedná se o balónky, které se při nehodě nafouknou a zmírní tak náraz pasažéra do karosérie. Ovšem pro jejich efektivitu zmírnění zranění je nutné použít současně i bezpečnostní pás. Pokud by pás nebyl použit, může airbag naopak člověka vážně zranit. Množství míst pro instalaci airbagů je dnes opravdu bohaté. Je možné využít airbagy přední, boční, zadní, hlavové a kolenní. Airbagy snižují úmrtí řidičů o 25 % a spolujezdců o 15 %. Dále snižují počet vážných poranění hrudníku o 65 % a hlavy o 75 %. [16] [35]

Pro řadu lidí opomíjeným bezpečnostním prvkem je dětská autosedačka. Autem kromě dospělých jezdí jako pasažéři i nespočet dětí, pro které je přeprava s využitím pouze pásu a airbagu opravdu velice nebezpečná. Pásky nejsou vhodně provedeny pro děti a většinou jsou pod jejich krkem. Řada řidičů tedy zvolí cestu s držením dítěte v náručí. Nejen že v případě nehody by bylo dítě mezi rodičem a airbagem ve vysokém smrtelném ohrožení, ale je důležité si uvědomit, jaká je šance na to dítě udržet. Při nárazu v rychlosti 50 km/h se hmotnost každého, kdo je přítomen v autě, 25x zvýší. Například dítě vážící 15 kilo, které bude nutné držet pouze v náručí, by při takové nehodě působilo vahou přibližně 375 kilo. Pro dítě držené pouze v náručí i rychlost 15 km/h může být fatální. Proto je důležité používat vhodné zádržné systémy. Jejich výběr se musí stahovat k parametrům konkrétního dítěte. [16]

Významným bezpečnostním prvkem je i opěrka hlavy, která přestože působí pouze jako prostředek ke zvýšení pohodlí, především zabraňuje poranění krční páteře. Opěrky redukují až polovinu zranění způsobené nabouráním jiného vozu do zadní části vlastního vozu. Bohužel je poranění krční páteře neboli bičové trauma velice častým zraněním a je způsobeno šubnutím hlavy při nárazu zezadu. Většina všech zranění v autodopravě je právě tento druh poranění. Další smutnou statistikou je, že skoro polovina trvalých zranění je pozůstatkem právě z poranění krční páteře a 10 % lidí trpí následně vážnými poruchami po celý zbytek života. Je tedy důležité mít kvalitní sedadla a opěrky hlavy nejen u řidiče, ale i u ostatních spolujezdců. Tímto způsobem můžeme redukovat alespoň tyto následky nehod. [16]

Kromě zamezení nehod aktivními prvky bezpečnosti snažíci se zabránit samotnému vzniku nehody, prostředkům pro redukování možných zranění a trvalých následků, existuje v automobilech v případě nehod i ponehodová péče eCall. Ta tedy neslouží k zabránění nehody, ani redukcii zranění, ale ke snížení obětí a zdravotních následků. ECall je veřejné tísňové volání. Po srážce automobil sám zavolá složky integrovaného záchranného systému a zašle jim přesnou polohu. Tím by mělo dojít k rychlejšímu příjezdu záchranářů, ve městě až o 40 % a na venkově až o 50 %. Tento systém by měl ročně v Evropské unii zachránit 2 500 životů a desetitisícům lidí snížit závažnost zdravotních následků. [16] [36]

4.5 Autonomní automobily

Autonomní automobily na 5. úrovni, kdy není potřeba, aby v autě byl volant nebo brzdy, jsou ještě v nedohlednu. Takové vozy by mohly být v budoucnu využívány nejen v rámci osobní přepravy, ale také jako taxíky nebo pro přepravu balíčků, a to zcela bez nutnosti lidské obsluhy. Bohužel se dnes nacházíme v době, kdy se na trh teprve dostávají automobily splňující požadavky 3. úrovně. Tato úroveň se umožňuje legálně nevěnovat řízení, pokud si automobil nevyžádá zásah řidiče. První společností splňující zákonem dané požadavky UN-R157 na automobil 3. úrovně podle Asociace automobilového průmyslu je Mercedes-Benz se svým modelem Třídy S. Toto auto by se mělo začít prodávat v první polovině roku 2022. V Německu se také již v roce 2017 upravila legislativa a je tedy možné využít systém Drive Pilot do rychlosti 60 km/h za hustého provozu nebo v ucpané dopravě na vybraných úsecích dálnic v Německu. Prvním autonomním automobilem 3. úrovně, který je již v prodeji, se stalo auto japonské automobilky Honda. To dostalo schválení od úřadů na možnost využívat Traffic Jam Pilot v určitém spektru situací. Legislativa je v této oblasti velká obtíž, protože je těžké stanovit hranice autonomního řízení. Například kdo je vinen v případě havárie, zda řidič, prodávající společnost, výrobce senzorů atd. Pokud automobil vyzve řidiče k převzetí vozu a on ho

z nějakého důvodu neuposlechne, například ze zdravotních důvodů, automobil začne zpomalovat až do zastavení. Při zpomalování jsou spuštěna výstražná světla, po zastavení se odemknou všechny dveře a je zavolána záchranná služba. [37] [38]

Mercedes-Benz ve svém automobilu využívá systém založený na technologii LiDAR. Tato technologie byla jedním z důležitých prvků, který napomohl dosáhnout tohoto milníku a automobily tak po 136 letech své historie mohou za určitých podmínek převzít řízení vozu. LiDAR (Light Detection and Ranging) slouží k dálkovému průzkumu prostředí pomocí pulsního laseru. Ten se neustále otáčí kolem své osy a měří vzdálenosti a v kombinaci s dalšími údaji dokáže monitorovat trojrozměrný obraz okolí. Kromě automobilového průmyslu se s ním můžeme setkat například v monitorování povrchu země nebo v zabezpečovacích systémech, kde změnil přístup k monitorování perimetru. U autonomních vozů se ovšem jedná o doplněk jiných senzorů monitorujících prostředí a vůz se rozhoduje na základě kombinace všech vjemů. Samotný LiDAR totiž nemusí dosahovat stejných perfektních podmínek v nepříznivém počasí. Testování autonomních automobilů většinou probíhá za slunečného počasí a výzkumy senzoru za extrémních podmínek ukazují zvýšení počtu falešných detekcí z důvodu intenzity zpětného rozptylu. Nejhorších výsledků dosahoval LiDAR v mlze, o něco líp byl na tom systém za deště. Padající sníh efektivitu podle výzkumu nezhoršuje. [37] [38] [39] [40]

Samotný přístup lidí k autonomním automobilům je poměrně kritický. Tento postoj s trochou mírného pesimismu se odvíjí podle toho, zda lidé vnímají autonomní automobily z pohledu chodce nebo cestujícího. Řidiče u automobilu v takové úrovni automatizace již nemáme. Výzkumy ukazují, že pro snadnější přijetí automatizovaných aut jsou nejdůležitějšími ovlivňujícími prvky úzkost, potěšení a subjektivní znalost. Lidé jsou často schopni přehlížet možná rizika, pokud je jim dopřáno vyšší pohodlí. Výzkumy na vnímání autonomních automobilů se vedou právě z důvodu komplikovanějšího přijetí této technologie společností. Určitým důvodem k negativnímu vnímání může být momentálně neexistující systém, který by dokázal brát v potaz takové vjemy jako lidský řidič. Pro představu lze vzít situaci na přechodu, kde chování chodců může být vysoce iracionální. Snad velké investice do tohoto automobilového odvětví brzy přinesou výrazné pokroky. [41] [42]

5 Praktická část

V praktické části jsou definovány podmínky, za jakých probíhá měření. Měření má analyzovat rychlost reakce měřených subjektů v kabině automobilu za definovaných teplot. K měření bylo nutné zajistit technické vybavení. To je popsáno v první části této kapitoly. Následně popisuje průběh měření jak obecně, tak i postup osob zasahujících do procesu měření. V této části je popsáno, za jakých podmínek měření probíhá. Dále se praktická část věnuje práci s měřenými subjekty a samotnému průběhu měření s ovládním programu. V poslední části je popsán vývoj programu a jeho fungování, které je vyobrazeno i na activity a use case diagramu.

5.1 Technické vybavení

K samotnému měření bylo zapotřebí použití spousty vybavení. V tomto výpise byla seřazena podle velikosti od těch největších. K měření byl využíván automobil Suzuki S-Cross s rokem výroby 2014. Použití zrovna tohoto vozu bylo zapříčiněno možností si automobil k účelu měření zapůjčit. Měření se odehrávalo v garáži v Hanušovicích. Pro účely měření bylo nutné auto uvést do nastartovaného stavu, aby došlo k činnosti vzduchotechniky v automobilu. Klimatizace v automobilu byla provedena duálně, kdy si pasažéři na předních sedadlech mohli nastavit teplotu vzduchu proudícího ze vzduchotechniky individuálně. Pro měření však byla zvolena funkce, kdy se teplota měnila sjednoceně. Spaliny z výfuku byly odváděny trubicí přes ventilátor ven z místnosti. Na kapotu automobilu byl položen monitor o velikosti uhlopříčky 685,8 mm tedy 27 palců. Jednalo se o monitor AOC 27B2H. Dále byl k monitoru připojen počítač MacBook Pro s operačním systémem macOS Monterey. Propojení periférií a obrazovky bylo vytvořeno pomocí USB-C hubu, kabelu HDMI a kabeláže dalších periférií. Počítač byl položen na stole, který byl přistaven vedle auta. Klávesnice byla použita SPC Gear GK630K. Jedná se o mechanickou klávesnici se snímači Kailh Blue. Klávesnice byla připojena přes její kabel k hubu. Kabel procházel do automobilu skrz prostor mezi dveřmi a karoserií. Posledním prvkem byl teploměr Dostmann Electronic LOG110-EXF, který má přesnost $\pm 0,5$ °C a sloužil k monitorování teploty v kabině automobilu, aby bylo možné ji optimalizovat na tu požadovanou.

5.2 Průběh měření

Měření bylo prováděno na 6 osobách z řady studentů i veřejnosti. Se subjekty byl sjednán pro ně nejvhodnější den v týdnu, kdy se mohly dostavit na měření v odpoledních hodinách. Subjekt byl požádán, aby tři hodiny před měřením nekonzumoval potraviny s obsahem kofeinu a byl

po jídle minimálně jednu hodinu. Experiment se skládal z měření trvající asi 15 minut opakující se 3x během tří týdnů. Automobil, ve kterém bylo měření prováděno, se nacházel na výzkumném pracovišti a nebyl uveden do pohybu, jeho přítomnost byla důležitá z důvodu simulace prostředí a klimatizace. Pro simulaci prostředí, ve kterém se vyskytují podněty vytvářející nutnost rychlé reakce, byl vytvořen počítačový program. Tento program byl zobrazován prostřednictvím počítačového monitoru. Monitor byl připevněn na kapotě automobilu. Klávesnice byla nainstalována na palubní desku, odkud ji bylo možné přemístit.

První týden byla kabina automobilu vytemperována na 14 °C. Teploměr stanovující aktuální teplotu byl umístěn ke stropu. Po ustálení teploty byl měřený subjekt blíže seznámen s průběhem měření a následně požádán k nastoupení do automobilu. Teplota se občas pohybovala na teploměru mezi 12 až 14 °C. Před nastoupením subjektu do vozu mu byla položena otázka týkající se jeho pocitů z teploty v automobilu. Poté se začalo se samotným měřením rychlosti reakcí subjektu. Na konci měření byly měřenému subjektu také položeny otázky týkající se jeho komfortu a jeho předpokládaného výkonu. Jednalo se o subjektivní hodnocení měření ze strany měřené osoby.

Další týden měřený subjekt dorazil ve stejný den i čas, aby výsledek měření nebyl ovlivněn jeho možným rozdílným harmonogramem. Tento požadavek vznikl z predikce, že osoby mají přibližně stejný rozvrh každý týden a jejich navyklé chování se bude ve stanovený den opakovat. Druhý týden proběhl podobně jako první týden s rozdílem v teplotě prostředí v kabině automobilu. Ta byla vytemperována na 28 °C. Reálný pohyb teploty podle teploměru byl mezi 28 – 30 °C. Subjektu už nebylo nutné vysvětlovat průběh měření.

Třetí týden subjekt opět došel ve stanovený den i čas. Průběh měření probíhal stejně jako předchozí týdny. Kabina automobilu byla vytopena na 21 °C. Po ukončení byl subjekt seznámen s jeho skutečnými výsledky se srovnáním s jeho predikovaným výkonem.

5.2.1 Průběh měření subjektu

Měřenému subjektu bylo před každým měřením vysvětleno, jak bude měření probíhat a bylo mu umožněno vyzkoušení si činnosti nutné ke správnému provedení měření. Jednalo se o spuštění standardního měření, ale v tomto případě se výstupní textový soubor odstranil. Poté byl subjekt požádán, aby vstoupil do vozu, kde byla spuštěná vzduchotechnika a teplota odpovídala požadavkům měření. Zde subjekt vzal klávesnici počítače z palubní desky. Klávesnice byla zvolena mechanická pro intenzivnější pocit z mačkaní kláves a byly

odstraněny klávesy šipek nahoru a dolů nacházející se mezi šipkami doleva a doprava, které měl subjekt mačkat během měření.

Poté vyčkal na signál obsluhy, že může začít proces měření. Po něm měřený subjekt zmáčknul klávesu levé šipky a čekal, než se mu na monitoru objevil bílý kruh. Po jeho objevení se měřený subjekt snažil co nejrychleji prstem, kterým držel klávesu šipky doleva, zmáčknout klávesu šipky doprava. Po správném provedení si na obrazovce přečetl instrukci pro opětovné zmáčknutí klávesy levé šipky. Tímto způsobem se vše opakovalo patnáctkrát. Pokud subjekt omylem nebo z jiného důvodu pustil klávesu levé šipky předčasně, byl o této skutečnosti informován nápisem na obrazovce, popřípadě obsluhou. Text na obrazovce jej vyzval k opětovnému zmáčknutí levé klávesy, aby měření pokračovalo. O ukončení měření informovala subjekt obsluha i text, poté subjekt odložil klávesnici na palubní desku a mohl opustit vozidlo. Tím pro něj bylo měření pro danou teplotu ukončeno.

5.2.2 Průběh měření obsluhy

Osoba dohlížející na měření se před samotným měřením musí seznámit s funkcemi programu. Je nutné, aby přesně znala proces měření a dokázala předat instrukce měřeným osobám. Dále znala funkce programu určené pro jeho obsluhu a uměla pracovat s informacemi zobrazovanými na příkazovém řádku během měření. Osoba může znát i zdrojový kód a zajišťovat tak opravu možných chyb na místě. Tato znalost by pouze zajistila plynulost měření a odbavování měřených subjektů. Oproti tomu je důležité seznámit se s používanou technikou a jejím základním servisem v případě poruchy nebo s možnostmi alternativní techniky v případě neopravitelných poruch.

Před začátkem samotného měření obsluha seznámí měřenou osobu s programem, technikou, a především předá instrukce, jak bude měření probíhat. Dále umožní měřené osobě vyzkoušet test nanečisto tím, že ho spustí. Výstupní soubor pojmenuje v kombinaci se slovem TEST. Dále předvede způsob měření a dohlídí na osobu, zda vše provádí správně a popřípadě ji upozorňuje na nutné korekce. Po úspěšném zaškolení vyzve osobu k nastoupení do vozu a uchopení klávesnice.

Obsluha spustí přes IDE PyCharm program, na vyzvání napíše do konzole jméno a příjmení měřené osoby a teplotu, při které je měření prováděno. Po stisknutí enteru je nutné zkontrolovat, zda je okno programu vidět na monitoru na kapotě automobilu nebo je nutné jej přetáhnout. Poté aktivuje okno kliknutím levého tlačítka myši na plochu okna a tím odstraní text na ploše. Předem domluveným gestem vyzve měřenou osobu k zahájení měření. Během měření

kontroluje, zda osoba provádí měření správně tím, že se na příkazovém řádku zvedá číslo aktuálního měření. Na konci měření obsluha vypíná program klávesou Esc nebo kliknutím na červené tlačítko v rohu okna. Bezprostředně po ukončení je nutné zkontrolovat výsledky z programu v textovém souboru a tím zjistit, zda bylo měření úspěšně dokončeno nebo nikoli. V takovém případě je nutné nalézt chybu a měření opakovat.

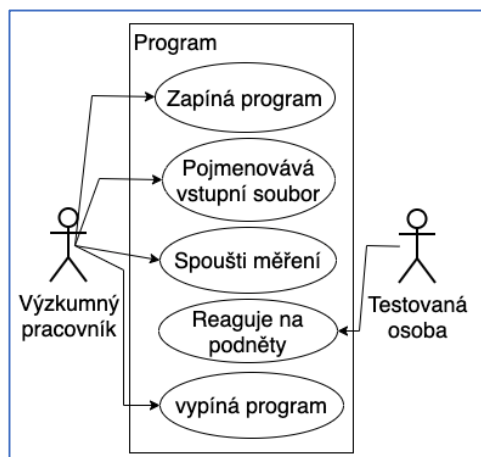
5.3 Program

Program byl vytvořen v programovacím jazyku Python. Jedná se interpretovaný programovací jazyk a k jeho spuštění je třeba interpret. Interpret je program sloužící ke spuštění zdroje programu v jazyce Python, samostatně program spustitelný není. Dále je jazyk vysokoúrovňový, což znamená, že je programovací jazyk bližší formální řeči lidí, do strojového kódu se musí překládat. Používá dynamickou sémantiku a je objektově orientovaný. Python podporuje moduly a balíčky a interpret Pythonu je pro všechny hlavní platformy zdarma. Díky tomu, že Python podporuje balíčky, využívá program modul Pygame. Jedná se o velmi rozšířený framework poskytující řadu tříd a funkci umožňující snadno vytvořit 2D vizualizace, zaznamenávat vstupy a další funkce. [43] [44]

Pro programování a následné spouštění byl zvolen program PyCharm od společnosti JetBrains. Jedná se o Python IDE (Integrated Development Environment) umožňující přehlednou práci se zdrojovým kódem a poskytující další užitečné nástroje pro efektivní práci. [45]

5.3.1 Use case diagram

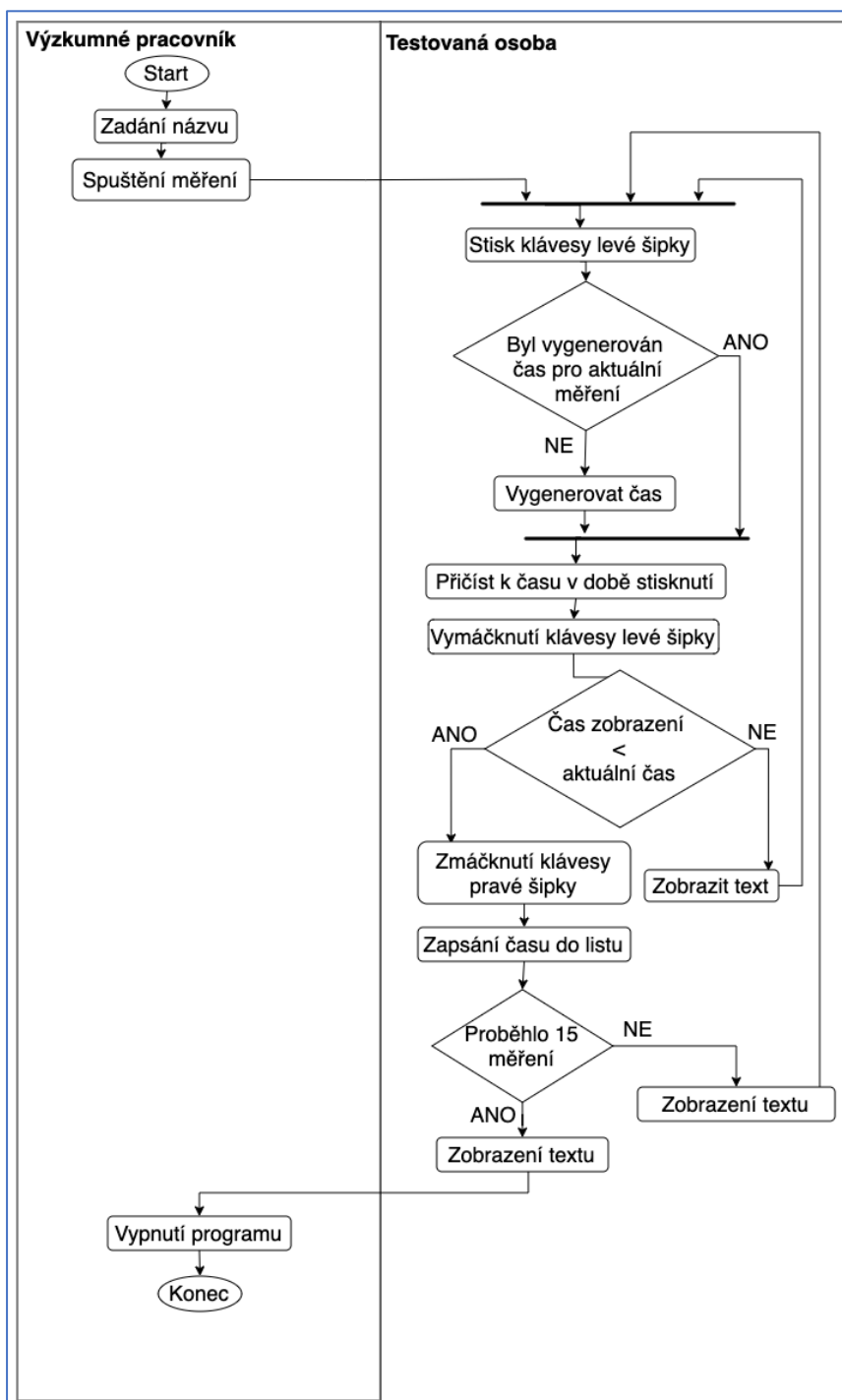
Na diagramu na obrázku 13 jsou vyobrazeny účastníci a jejich vliv na fungování programu. Use case diagram má za úkol zobrazit ovládání programu z pohledu uživatele a interakci mezi účastníky. Z grafu lze vidět, že většinu úkonů vykonává účastník „Výzkumný pracovník“ a účastník „Testovaná osoba“ pouze reaguje na podněty programu.



Obrázek 13 – Use case diagram

5.3.2 Activity diagram

Activity diagram slouží ke zmapování procesů během průběhu programu. Na diagramu na obrázku 14 lze vidět průběh celého procesu. Program je poměrně jednoduchý, a přestože má uživatel méně zásahů do fungování programu (viz Obrázek 13) je úsek programu zajišťující reakci na podnět z celku nejsložitější. V diagramu je několik podmínek, ze kterých je program větven. Větve jsou většinou sjednoceny do jedné v úseku před stisknutím klávesy levé šipky. Tento diagram by měl zajistit pochopení fungování tohoto programu a jeho procesů.



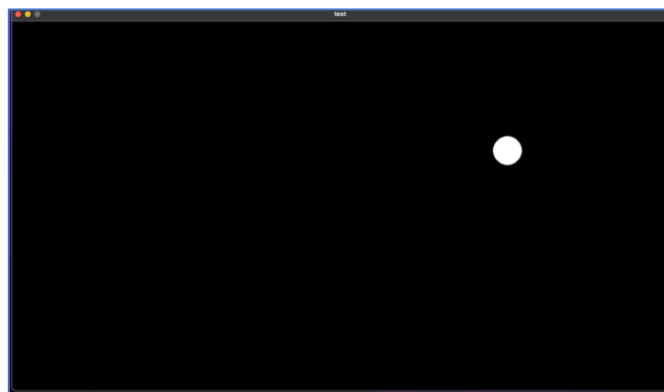
Obrázek 14 – Activity diagram

5.3.3 Vytvoření programu a jeho fungování

Měřicí program má jako hlavní cíl naměřit čas mezi podnětem a reakcí sledované osoby. Dílčími cíli bylo pak vytvoření nějakého podnětu a výstupu s naměřenými hodnotami. V programu bylo nejprve vytvořeno okno pro zobrazení programu. Toho bylo docíleno v rámci Python modulu `pygame`. Velikost okna byla určena počtem pixelů mezi stranami v ose `x` a `y`. Dalším krokem bylo vytvoření nějakého vizuálního podnětu. Bylo zvažováno více možností, jak by tento objekt mohl vypadat. Nakonec byl pro objekt zvolen základní geometrický útvar v podobě bílého kruhu z důvodu jednoduché implementace. Bílá barva byla zvolena pro docílení maximálního kontrastu mezi objektem a černým pozadím. Pohyb kruhu byl vytvořen pomocí funkce `random`, která vytvářela náhodné číslo v intervalu daném velikostí okna programu. Poté, co bylo docíleno zobrazování kruhu v různých pozicích, byla v cyklu `while`, který se opakoval po celou dobu spuštění programu, napsána část pro zobrazení nového kruhu po určitém časovém úseku. V důsledku toho bylo po nějakém čase na ploše zobrazovacího okna vytvořeno nespočet kruhů, které se překrývaly. Tomu bylo zabráněno v dalším kroku, kde byly vytvořeny eventy kláves. Pokud byla klávesa šipky vpravo fyzicky zmáčknuta, bylo okno vyplněno černou barvou. Nový kruh tak byl zobrazen na čistém černém pozadí viz obrázek 15. Pro určení času, od kterého se má kruh zobrazit, byla použita informace, kolik času uběhlo od zapnutí programu. Přesněji od použití metody inicializující atributy metody `pygame`. Kromě eventu zmáčknutí klávesy po zobrazení kruhu bylo nutné vytvořit event klávesy, která vytvoří náhodně vygenerované číslo v rozmezí 10 až 60 představující čas zobrazení kruhu od zmáčknutí klávesy. Tento čas se přičetl k aktuálnímu času od spuštění programu a uvedený součet byl přiřazen proměnné `view_time`. Tato proměnná byla následně vyhodnocena v podmínce `if`, která srovnává `view_time` s časem od spuštění programu. Pokud se tyto dvě čísla shodnou, proběhnou řádky kódu v podmínce. Z důvodu, že oba srovnávané časy byly v milisekundách, čísla se převedla na sekundy vydělená tisíci a odstraněním desetinných míst se provedla změna datového typu na `intiger`, tedy celá čísla. Srovnání čísel v sekundách umožnilo nejen snazší uchopení čísla a s tím spojenou snadnější práci, ale také aby se zabránilo chybě, kdy neproběhne srovnání čísel zrovna v čase, kdy se shodují. Zvažovalo se i provedení s „*je větší než*“, ale právě z důvodu pohodlí v části možného odstraňování vad byla zvolena metoda se sekundami. K základnímu fungování programu chyběla už jen funkcionalita, která by zaznamenávala rychlost reakce testované osoby na podnět v podobě zobrazení kruhu v okně aplikace. Proto byl do eventu zmáčknutí pravé šipky dopsán kód analyzující rychlost reakce. Ta je zjištěna z rozdílu času v moment stisknutí klávesy a času zobrazení kruhu.

Přesněji je tedy od aktuálního času od spuštění v milisekundách odečten čas zobrazení kruhu, který je převeden na sekundy v celém čísle a následně jsou sekundy převedeny zpět na milisekundy. Pro příklad je vygenerován čas zobrazení v 64 897 ms, v podmínce pro zobrazování se hodnota převede na 64 sekund a porovnává se s aktuálním časem. Pokud aktuální čas dosáhne hodnoty času zobrazení, tedy 64, dojde k zobrazení kruhu na obrazovce. Uživatel následně zmáčkne tlačítko v čase 64 686 ms od spuštění. Vzhledem k tomu, že se kruh zobrazil v čase 64 000 ms a ne v náhodné hodnotě 64 897 ms, je nutné toto číslo upravit a následně odečíst od času zmačknutí. Od 64 686 je odečteno 64 000 a výsledkem je, že čas mezi zobrazením a reakcí je 686 ms. Toto číslo je přidáno do vytvořeného listu *list_casu* pomocí metody *append*.

Dalším dílčím krokem bylo zabezpečit nechtěné stavy a zpracovat některé požadavky vycházející z eliminace vlivů ovlivňující výsledky měření. Bylo nutné omezit náhodné klikání na pravou klávesu vedoucí k vytváření záznamů před zobrazením kruhu a taky aby testovaný subjekt neklikal v náhodné okamžiky, které by mohly vést k nechtěnému výsledku, pokud by ke zmačknutí klávesy došlo těsně po zobrazení kruhu. Takový záznam by byl nežádoucí. Pro ochranu byl vytvořen event stisku klávesy levé šipky a event pro její puštění. V praxi se jednalo o nutnost držet tlačítko levé šipky do zobrazení kruhu. Po jeho zobrazení ji bylo nutné pustit a mělo dojít ke stisku klávesy pravé šipky. V programu byla tedy implementována nutnost držet levou šipku. Pokud byla klávesa puštěna před zobrazením kruhu, bylo na toto počínání upozorněno na obrazovce informací s instrukcí, aby byla šipka během měření držena. Po opětovném stisknutí byl posunut čas zobrazení tím, že se k aktuálnímu času přičetl předchozí čas v proměnné z funkce vytvářející čas metodou *random*. Zároveň se při stisku levé

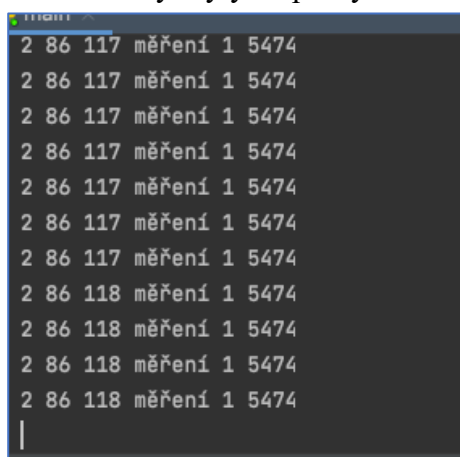


Obrázek 15 – Okno programu s kruhem

klávesy smaže text z plochy a je přepsána proměnná typu boolean umožňující v podmínce kontrolovat, zda bylo puštění klávesy po zobrazení kruhu nebo před ním. Tento krok se v případě opětovného přerušení opakoval. Následně byla po správném stisku pravé klávesy zobrazena informace s instrukcí, aby měřený subjekt zmačkl levou šipku pro pokračování

v dalším měření. Aby nebylo nutné kontrolovat počet měření, implementovala se podmínka porovnávací nově vytvořené proměnné, a to proměnnou *i* typu *intiger* s proměnnou *mereni*. Po spuštění programu je v proměnné *i* hodnota 0 a s každým úspěšným změřením se k ní přičte hodnota 1. Do proměnné *mereni* se nahrála hodnota 15 a pokud proměnná *i* dosáhne této hodnoty, vypíše se na plochu okna programu zpráva o tom, že proběhlo 15 měření a program bude ukončen. Ukončení programu umožňuje klávesa Esc nebo kliknutí na standardní tlačítko v rohu okna. V tomto měření se jednalo o červené kulaté tlačítko v levém rohu okna programu, ovšem v jiném operačním systému se toto tlačítko mohlo nacházet jinde a i jinak vypadat.

Posledním krokem byla nutnost integrovat výstup z programu. Pro tento výstup byl zvolen typ souboru txt z důvodu jednoduché implementace. Při spuštění programu byla do textové konzole napsaná zpráva „Zadej název dokumentu: např.: *jmeno-prijmeni_20C*“ žádající obsluhu programu pojmenovat txt soubor podle předpisu jméno, příjmení a teplota, při které je prováděno měření. Ochrana tohoto postupu nebyla vytvořena a textový soubor je možné pojmenovat jakkoliv. Pojmenování souboru je tedy na zodpovědnosti obsluhy měření. Ta tedy na další řádek zadá název souboru a po stisknutí klávesy enter se zobrazí okno programu. Kromě zobrazení okna programu je název souboru uložen jako hodnota do proměnné *txt_name*, hodnota aktuálního data a času do proměnné *datum* ve formátu den, měsíc, rok, hodina, minuta, sekunda. Jméno souboru a datum bylo zapsáno na první tři řádky textového dokumentu před hodnoty z měření. Po kroku s pojmenováním souboru bylo nutné přesunout okno programu na vedlejší monitor, a to manuálně pomocí myši. Po přetažení programu se měření spustilo až po kliknutí myši na monitor, aby bylo zajištěno, že je okno s programem v operačním systému aktivní. O této skutečnosti informoval vypsaný text na plochu okna programu s informací, že je nutné kliknout na plochu myši pro spuštění programu a text v terminálu programu. Po kliknutí informace zmizela. Po ukončení programu byly hodnoty z listu *list_casu* zapsány na pátý řádek do dokumentu. Hodnoty byly zapsány za sebou a odděleny středníkem.



```
2 86 117 měření 1 5474
2 86 117 měření 1 5474
2 86 117 měření 1 5474
2 86 117 měření 1 5474
2 86 117 měření 1 5474
2 86 117 měření 1 5474
2 86 117 měření 1 5474
2 86 118 měření 1 5474
2 86 118 měření 1 5474
2 86 118 měření 1 5474
2 86 118 měření 1 5474
```

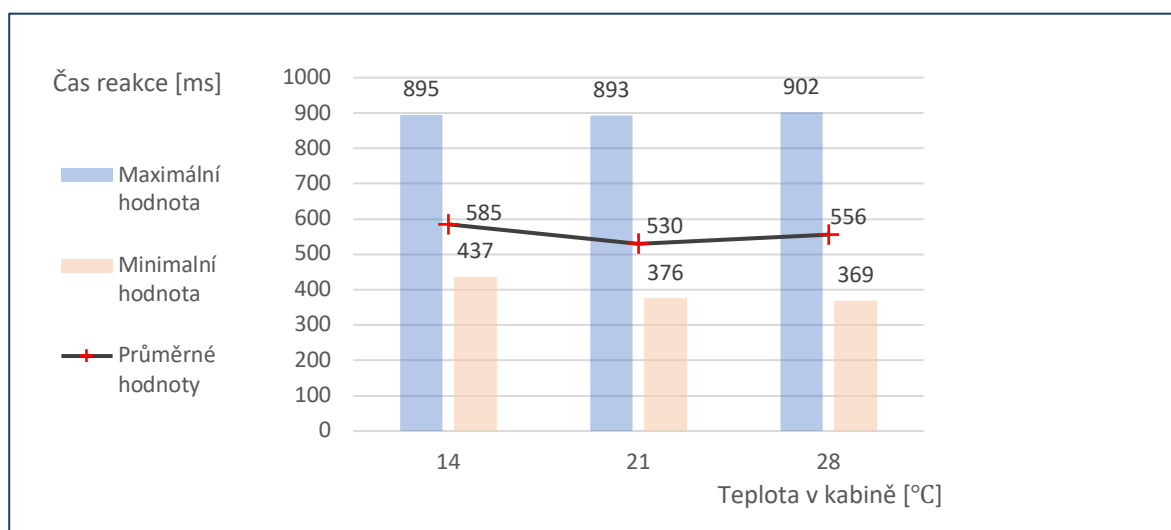
Obrázek 16 – Informace na příkazovém řádku

Pro obsluhu byly do terminálu během měření vypisovány informace o aktuálně probíhajícím měření jedné reakce a informace o měření předcházejícím. Na terminálu tedy byla zpráva ve formátu číslo měření, čas zobrazení kruhu, aktuální čas, číslo předchozího měření a čas prodlevy reakce. Kromě toho je v terminálu vypsána informace o puštění levé klávesy předčasně a informace o zobrazení kruhu viz obrázek 16. Samotný zdrojový kód programu se nachází v příloze I.

6 Výsledky měření a jejich zhodnocení

Výsledky měření byly převedeny do Excelu, kde byly z dat odstraněny odchylky, vypočítán průměr, směrodatná odchylka a byly provedeny další úkony z jejichž výsledků byly vytvořeny grafy. Nejprve bylo nutné odejmout velké odchylky, ke kterým mohlo dojít externím rozptýlením testované osoby. Tyto odchylky byly brány jako chybné měření a nebyly brány v potaz při hlubší analýze dat. Chybné časy se objevovaly u většiny osob alespoň v jednom ze tří měření. Z dat lze vyzorovat patern, kde se bezmála všechny chybné časy nacházely v prvních třech měřeních z patnácti. Důvodem by mohla být nižší koncentrace na úkol ze začátku měření.

Následně byl z výsledků měření bez chybných hodnot vytvořen průměr a tím tedy pro každý testovaný subjekt vznikly tři hodnoty. Jedna pro každou teplotní situaci v kabině automobilu. Tyto čísla byla následně opět zprůměrována a tím vznikl průměrný čas všech subjektů pro danou teplotu. Podle výsledků byl vytvořen graf na obrázku 17, na kterém lze vidět výsledky pokusu. Dalšími hodnotami v grafu jsou hodnoty maximálního a minimálního času reakce při dané teplotě.

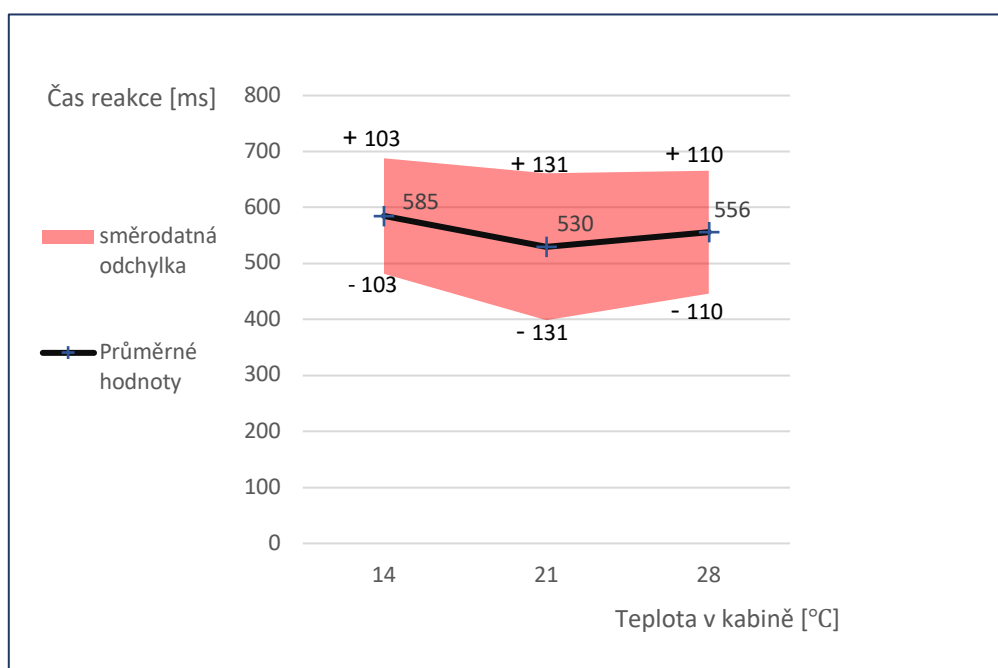


Obrázek 17 – Průměrné hodnoty měření s maximálními a minimálními hodnotami

V průměrných časech při jednotlivých teplotách lze vidět minimální rozdíl. U všech teplot se časy pohybují v rozmezí 0,1 s. Vzniklé odchylky při tak malých rozdílech mohly vzniknout jinými vlivy než pouhou teplotou. Pro přesnější výsledky schopné s jistotou rozeznat rozdíly v rámci ms bude nutné ve výzkumu upravit parametry. Předpokládané úpravy by mohly být například vyšší počet účastníků, prodloužení času stráveném v automobilu a s tím spojené zvýšení počtu měření. Přínosem by mohlo být i opakování měření při všech měřených teplotách. Skoro stejné

hodnoty při různých teplotách mají maximální časy zpoždění pohybující se v rámci 9 ms. Rozdíl mezi maximálními a průměrnými časy je kolem 300 až 350 ms. Oproti tomu minimální časy mají rozdíl od průměrných časů pouze 150 až 190 ms a klesají se stoupající teplotou.

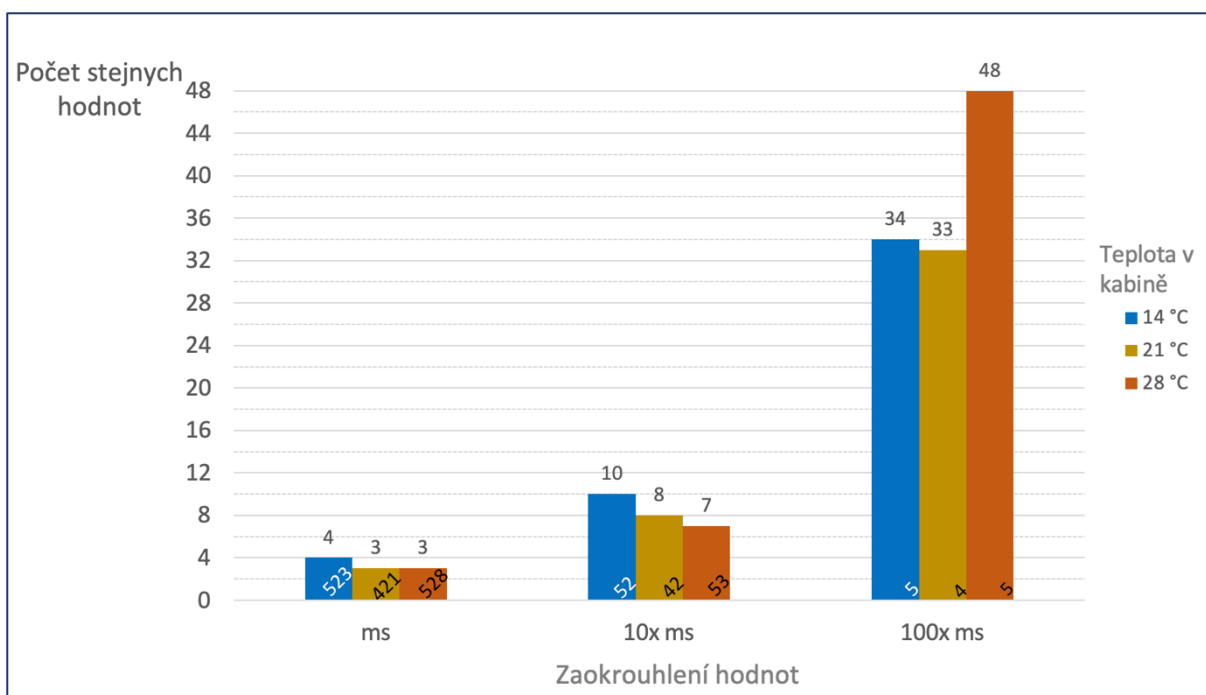
Dále byla spočítána směrodatná odchylka vyjadřující rozptyl hodnot od průměru. Pro její výpočet byla použita funkce SMODCH v Excelu. Nejnižší odchylka byla u hodnot z měření při teplotě 14 °C a nejvyšší u teploty 21 °C. Porovnání s průměrným časem zpoždění reakce lze vidět v grafu na obrázku 18. V grafu jsou zaznamenány hodnoty směrodatné odchylky a to 103 při teplotě 14 °C, 131 při 21 °C, 110 při 28 °C. Čas zpoždění se pohybuje přibližně 0,1 s od průměrné hodnoty. Z dat lze vydedukovat, že se zpoždění reakce řidiče v případě nutnosti spohybuje mezi 0,4 s až 0,7 s. Ovšem tato data vznikla při naprosté koncentraci na reakční podněty a v reálné dopravě bude zpoždění větší.



Obrázek 18 – Průměrné hodnoty měření s odchylkou

Další analýzou bylo nalezení nejčastějších časů, to bylo provedeno pomocí funkce MODE a počet výskytů nejčastější hodnoty v datech funkcí COUNTIF v Excelu. Tyto hodnoty byly hledány v různých rozmezích pro co nejvíce objektivní zhodnocení dat, a to v jednotkách, desítkách a stovkách milisekund. Zaokrouhlení hodnot na vyšší desetinná čísla bylo provedeno funkcí ZAOKROUHLITE. Pro rozmezí v rámci ms, tedy neupravených dat z měření, byla nejčastější hodnota 523 ms. Ve výsledcích se nacházelo těchto hodnot pět. V rámci desítek milisekund byla nejčastější hodnota 490 ms a v zaokrouhlených datech se vyskytovala osmnáctkrát. Při zaokrouhlení hodnot na stovky milisekund, tedy na desetinu sekundy, byla nejčastější hodnota 0,5 s s výskytem 113 hodnot. Pro určité dílčí teploty lze nejčastější hodnoty

v jednotlivých rozsazích pozorovat v grafu na obrázku 19. V něm jsou zobrazeny hodnoty pro všechna zaokrouhlení hodnot, a to v ms, 10 . ms, a 100 . ms. V těchto jednotlivých rozděleních jsou sloupce pro každou ze tří teplot v kabině automobilu během měření. Ve spodní části sloupců jsou vepsány nejčastější hodnoty při dané teplotě a zaokrouhlení a výška sloupce ukazuje počet opakujících se hodnot. Tento počet je i pro snadnější čtení vložen nad jednotlivé sloupce. Nejčastější hodnoty se v rámci zaokrouhlení nemění, mění se pouze počet výskytů. Trend celkové nejčastější hodnoty zpoždění 0,5 s se mění pouze v případě 21 °C. Při této teplotě je zpoždění reakce o 0,4 s v 33 případech. Ovšem i při této teplotě zpoždění o 0,5 s bylo s 31 případy významné. Data tedy vypovídají o skutečnosti, že nejčastějším zpožděním reakce



Obrázek 19 – Grafy četnosti nejčastější hodnoty ve třech zaokrouhleních

řidiče je půl sekundy, a to ještě pouze v případě, pokud se plně věnuje sledování provozu.

Celkové pocity lidí z měření byly dobré, pouze poukazovali na otravně dlouhou dobu měření a jeho stereotypnost. Ovšem před prvním měřením se lidé těšili a spatřovali v měření zajímavost. Konkrétní pocity z měření při jednotlivých teplotách se mírně lišily. Při 14 °C se podle slov účastníku cítili lehce nekomfortně a poukazovali na to, že delší čas v této teplotě by byl značně nepříjemný. Před měřením účastníky teplota, do které budou muset vstoupit, nestresovala, nebo jen mírně. Očekávané výsledky výkonů byly lehce horší až průměrné. Při teplotě 21 °C se účastníci cítili komfortně. Vzhledem k tomu, že předchozí měření probíhala v extrémním prostředí, účastníci před měřením vyjadřovali lehké nadšení z této teploty. Očekávali dobré výsledky, lepší než v předchozích měření. Při teplotě 28 °C vyjadřovali

subjekty pocity horka, ale nijak zásadně zhoršený komfort. Někteří pocítovali mírné utlumení reakcí. Před měřením osoby teplota nestresovala. Výsledky účastníci očekávali horší než při teplotě 14 °C.

Z výsledků lze usoudit, že pokud je člověk v komfortní teplotě, má lepší výsledky než v teplotách extrémních. Tuto skutečnost ukazují nejčastěji naměřené hodnoty v grafu na obrázku 19. Ve všech skupinách vyjadřující jiné zaokrouhlení můžeme vidět zrychlení o 0,1 s od času měřených při teplotách extrémních. Dalším ukazatelem je nejrychlejší průměrný čas při teplotě 21 °C. Tento výsledek očekávaly i měřené subjekty, které byly dotazovány na jejich pocity po dokončení měření. Výsledky průměrných časů, odchylek, minima a maxima při jednotlivých teplotách ukazují pouze minimální vliv teploty na reakce a pro přesnější výsledky by bylo nutné provést komplexnější výzkum. Přes tuto skutečnost si lze z výsledku vzít zaokrouhlený průměrný čas a celkově nejčastěji naměřený čas. Jednalo se o čas 0,5 s a vypovídá o rychlosti reakce člověka na podnět. Tento čas byl analyzován v laboratorních podmínkách při naprosté koncentraci subjektu na rychlé reagování. Ve skutečnosti bude rychlost reakce mnohem delší.

7 Závěr

Bezpečnost osob je především v této době velice aktuální téma, které se týká každého z nás. Z tohoto důvodu bylo zvoleno téma této práce zabývající se vlivem výše teploty na reakce řidiče a tedy vlivem na bezpečnost provozu. V práci byl nejprve popsán vliv odlišných teplot na lidský organismus jako takový. Již v této fázi bylo popsáno, že lidské tělo reaguje na nízké i vysoké teploty a snaží se tyto výkyvy vyrovnávat. Tuto funkci zajišťuje složitý regulační systém. Následně se práce zabývala samotným fungováním termoregulačního systému ve vozidle a bezpečnostními systémy, které pomáhají zachraňovat lidské životy.

V praktické části byl vytvořen měřicí program v jazyce Python a navržen adekvátní pokus k získání relevantních informací o působení tepla v momentech, kdy je nutné maximální soustředění člověka. Samotné testování probíhalo za předem stanovených podmínek a se šesti testovanými subjekty. Testování jedné osoby probíhalo v zapůjčeném vozidle Suzuki S-Cross podobu tří týdnů a byl kladen důraz na denní rozvrh osob tak, aby podmínky zkoumaného jedince byly co možná nejpodobnější. V jednotlivých týdnech byla teplota v kabině vozidla vždy nastavena dle požadovaných hodnot pro účely tohoto výzkumu. Konkrétně se jednalo o teploty ve výši 14 °C, 21 °C a 28 °C. V každé teplotě byla provedena sekvence patnácti měření, kdy zkoumaný subjekt musel co nejrychleji reagovat na vizuální podnět ve vytvořeném systému. Program byl navržen tak, aby byl uživatelsky přívětivý jak pro obsluhu, tak pro testovanou osobu, veškeré výstupy byly automaticky ukládány do textového souboru v předem definovaném formátu.

Z výsledků byla patrná změna reakcí v důsledku vlivu teploty. Hodnoty zpoždění reakce u jednotlivých účastníků byly nejrychlejší při standartní teplotě 21 °C. Toto je zjevné z porovnání četnosti totožných hodnot a také celkové průměrné rychlosti reakce při stanovených teplotách. Ze zkoumání vyplývá, že nejčastější hodnoty rychlosti reakce subjektů byly přibližně o 0,1 s nižší u teploty 21 °C než u zbylých sledovaných teplot. Dále byl ze zkoumání zjištěn průměrný čas lidské reakce 0,5 s, který je oproti bezpečnostním systémům v automobilu značně opožděn. Je však nutné brát v potaz zkreslení procesem měření způsobených skutečností, že čas zpoždění reakce řidičů bude výrazně nižší ve zkoumaných podmínkách než při běžném provozu, kde řidič sleduje více vjemů. Rychlejší reakce při 21 °C o 0,1 s je ve srovnání s průměrným časem 0,5 s zásadní a v kritických situacích může stát lidské životy.

Automobilový průmysl hraje v dnešní době velkou roli pro každého z nás. Téměř nikdo si už nedovede představit, že by své nákupy, cesty do práce, vyzvedávání dětí ze škol a spoustu dalších aktivit řešil jinak než za použití automobilu. Stal se součástí běžného života, který každému usnadňuje řešení logistických problémů všedních dnů. Bohužel nic nemá jen své výhody. Je třeba zvážit také rizika, a to konkrétně 23 tisíc úmrtí, 120 tisíc těžkých dlouhodobých i krátkodobých zranění a také psychické problémy, která zapříčinila dopravní nehody jen roce 2019 v Evropě. Jsou to alarmující čísla, které je potřeba brát v potaz. Pozornost řidiče zde hraje jednu z klíčových rolí a je ovlivněna mnoha faktory. Tato práce byla věnována zkoumání alespoň jednoho z nich.

Není tomu sice v dnešní době přikládáno tolik pozornosti, ale i samotná teplota v kabině vozidla ovlivňuje rychlost reakce řidiče. Existuje řada bezpečnostních systémů, které pomáhají zajistit vyšší bezpečnost na vozovce. V budoucnu lze očekávat běžné využití již plně autonomních vozidel, které odstraní všechny lidské nedostatky v řízení. Doufejme, že i tato práce bude přínosem a výsledky budou dále více pozorovány a pomohou tak zachránit další lidské životy.

8 Citovaná literatura

1. ČTK. Historie automobilismu v datech. idnes.cz. [Online] MAFRA, a. s., 27. 1 2006. [Citace: 4. 10 2021.] https://www.idnes.cz/auto/historie/historie-automobilismu-v-datech.A060127_172200_auto_ojetiny_fdv.
2. SCHMIDT, Robert. Memorix - Fyziologie. 1. vydání. Praha : SCIENTIA MEDICA, 1993. ISBN 80-85526-18-2.
3. NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. Medicínská biofyzika. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1152-4.
4. BARTUŠKA, Karel a Emanuel SVOBODA. Fyzika pro gymnázia: molekulová fyzika a termika. 4. vydání. Praha: Prometheus, 2001. ISBN 80-7196-200-7.
5. GANONG, William F. Přehled lékařské fyziologie. Jinočany: H & H, 1995. ISBN 80-85787-36-9.
6. Redakce In-počasí. Pocitová teplota, nespolehejte jen na teploměr. In-počasí. [Online] InMeteo, s.r.o., 25. 3 2013. [Citace: 28. 11 2021.] <https://www.inpocasi.cz/clanky/teorie/pocitova-teplota/>.
7. KOLÁŘOVÁ, Hana a Roman KUBÍNEK. Fyzika stručně a jasně: přehled fyziky v příkladech a textových otázkách. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2008. ISBN 978-80-244-2083-7.
8. BIRCH, Thomas W. Automotive heating and air conditioning. Upper Saddle River, New Jersey : Pearson, 2006. ISBN 0-13-118491-1.
9. DALY, Steven. Automotive air-conditioning and climate control systems . Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. ISBN 0-7506-6955-1.
10. Autodíly MJAuto. Funkce vizkózní spojky. autodíly MJAuto. [Online] Autodíly MJAuto. [Citace: 14. 9 2021.] <https://www.mjauto.cz/funkce-viskozni-spojky>.
11. BAUER, Lukáš. První automobil s klimatizací byl vyroben v 60. letech. Tehdy se jednalo o nevídaný luxus. TECH instory.cz. [Online] Digital Plus s.r.o., 29. 9 2019. [Citace: 29. 11 2021.] <https://tech.instory.cz/791-prvni-automobil-s-klimatizaci-byl-vyroben-v-60-letech-tehdy-se-jednalo-o-nevidany-luxus.html>.
12. LIŠKA, Antonín a Pavel NOVÁK. Technika stlačeného vzduchu. Praha, 1999. ISBN 80-01-01947-0.

- 13.** GOURIBHATLA, Raghuveer a Srinivas S. PULUGURTHA. Drivers' behavior when driving vehicles with or without advanced driver assistance systems: A driver simulator-based study. [Transportation Research Interdisciplinary Perspectives] Charlotte : The University of North Carolina, 2022. ISSN 2590-1982.
- 14.** Federal Automated Vehicles Policy. Federal Automated Vehicles Policy - September 2016. [Online] U.S. Department of Transportation, 20. 9 2016. [Citace: 16. 1 2022.] <https://www.transportation.gov/AV/federal-automated-vehicles-policy-september-2016>.
- 15.** LUBKOWSKI, Steven D., Bridget A. LEWIS, Valerie J. GAWRON, Travis L. GAYDOS, Keith C. CAMPBELL, Shelley A. KIRKPATRICK, Ian J. REAGAN a Jessica B. CICCHINO. Driver trust in and training for advanced driver assistance systems in Real-World driving. [Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour] 2021. ISSN 1369-8478.
- 16.** Tým silniční bezpečnosti. Asistenční systémy. [Online] Bezpečně na silnicích o.p.s. [Citace: 20. 1 2022.] <https://www.asistencnisystemy.cz/>.
- 17.** VIKTOROVÁ, Lucie a Matuš ŠUCHA. Learning about advanced driver assistance systems – The case of ACC and FCW in a sample of Czech drivers. [Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour] Olomouc : Palacky University, 2019. ISSN 1369-8478.
- 18.** Evropský parlament. Nehody na evropských silnicích (infografika). [Online] Evropský parlament, 4. 15 2019. [Citace: 19. 1 2022.] <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20190410STO36615/nehody-na-evropskych-silnicich-infografika>.
- 19.** Dopravní nehody v ČR. [Online] Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 31. 12 2021. [Citace: 20. 1 2022.] <https://nehody.cdv.cz/>.
- 20.** Bezpečné cesty.cz. Bosh. ESP (ESC). Bezpečné cesty. [Online] Simopt, s.r.o., [Citace: 22. 1 2022.] <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/esp-esc>.
- 21.** Bezpečné cesty.cz. ABS a ASR. Bezpečné cesty. [Online] Simopt, s.r.o., [Citace: 24. 1 2022.] <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/abs-a-asr>.

- 22.** Bezpečné cesty.cz. Brzdné systémy. Bezpečné cesty. [Online] Simopt, s.r.o. [Citace: 28. 1 2022.] <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/brzdne-systemy>.
- 23.** Bezpečné cesty.cz. Lane Assistant. Bezpečné cesty. [Online] Simopt, s.r.o. [Citace: 24. 1 2022.] <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/lane-assistant>.
- 24.** ZELINKA, Jiří. Hlídaní mrtvého úhlu aneb Blind Spot Assist - jak funguje? [Online] AUTOHLED, 1. 2 2020. [Citace: 26. 1 2022.] <https://www.autohled.cz/magazin/hlidani-mrtveho-uhlu-aneb-blind-spot-assist-ndash-jak-funguje/1235#>.
- 25.** Robert Bosch GmbH. Adaptive cruise control for passenger cars. [Online] BOSCH. [Citace: 26. 1 2022.] <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/assistance-systems/adaptive-cruise-control/>.
- 26.** Bezpečné cesty.cz. Adaptivní tempomat a City Safe Drive. Bezpečné cesty. [Online] Simopt, s.r.o. [Citace: 26. 1 2022.] <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/aktivni-prvky-bezpecnosti/adaptivni-tempomat-a-city-safe-drive>.
- 27.** BESIP. Nebezpečí únavy. [Online] BESIP. [Citace: 27. 1 2022.] <https://www.ibesip.cz/tematicke-stranky/zasady-bezpecne-jizdy-v-aute/nebezpeci-unavy#>.
- 28.** BESIP. Adaptivní světlomety. [Online] BESIP. [Citace: 30. 2 2022.] <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Asistencni-systemy-v-autech/Aktivni-bezpecnost/Adaptivni-svetlomety>.
- 29.** ŠKODA AUTO a.s. Travel Assist s rozpoznáváním dopravních značek. ŠKODA Storyboard. [Online] ŠKODA AUTO a.s. [Citace: 27. 1 2022.] https://www.skoda-storyboard.com/cs/traffic_sign_recognition_cz/.
- 30.** BESIP. Systém rozpoznávání chodců a cyklistů. [Online] BESIP. [Citace: 28. 1 2022.] <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Asistencni-systemy-v-autech/Aktivni-bezpecnost/System-rozpoznavani-chodcu-a-cyklistu>.
- 31.** Ford Motor Company. MyKey®. [Online] Ford. [Citace: 29. 1 2022.] <https://www.ford.com/support/how-tos/keys-and-locks/mykey/mykey/>.
- 32.** MOKŘÍŠ, Jakub. portál řidiče. Co je parkovací asistent, jak funguje a jak se používá. [Online] Portalridice.cz, 2. 1 2021. [Citace: 28. 1 2022.] <https://www.portalridice.cz/clanek/co-je-parkovaci-asistent-jak-funguje-a-jak-se-pouziva>.

- 33.** RAPANT, Petr. Družicové polohové systémy. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- 34.** ŠKODA AUTO a.s. Crew Protect Assist. Škoda Storyboard. [Online] ŠKODA AUTO a.s., 8. 2 2017. [Citace: 2. 1 2022.] https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace-a-technologie/polopate-asistencni-systemy-skoda-3-dil/attachment/crew_protect_assist-2-2/.
- 35.** Simopt, s.r.o. Bezpečnostní pásy. Bezpečné cesty. [Online] Simopt, s.r.o., [Citace: 2. 1 2022.] <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/bezpecnostni-pasy>.
- 36.** Rohde & Schwarz . Help is on the way. ROHDE & SCHWARZ. [Online] Rohde & Schwarz - Praha, s.r.o., 6. 20 2019. [Citace: 2. 1 2022.] https://www.rohde-schwarz.com/cz/about/technical-stories/ecall_251205.html?
- 37.** Mercedes-Benz Group AG. Mercedes-Benz receives world's first internationally valid system approval for conditionally automated driving. Mercedes-Benz Group Media. [Online] Mercedes-Benz Group AG, 12. 9 2021. [Citace: 28. 1 2022.] https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/en/instance/ko.xhtml?oid=52173961&ls=L3NIYXJjaHJlc3VsdC9zZWYyY2hyZXN1bHQeGh0bWw_c2VhcmNoVHlwZT1mbGV4JnNIYXJjaFN0cmZz1OTVnfRmxleFNiYXJjaF9DdXJyZW50TmV3cyZyZXN1bHRJbmZvVHlwZUlkPTQwNjI2JmZsZXhJbmZvVHlwZX.
- 38.** ČERVENKA, Jiří. Ani Tesla, ani Němci. S autonomním řízením všechny předběhla Honda. autobible.euro.cz. [Online] Internet Info, s.r.o., 4. 3 2021. [Citace: 28. 1 2022.] <https://autobible.euro.cz/ani-tesla-ani-nemci-s-autonomnim-rizenim-vsechny-predbehla-honda/>.
- 39.** American Geosciences Institute. What is Lidar and what is it used for? AGI american geosciences institute. [Online] American Geosciences Institute, [Citace: 28. 1 2022.] <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/what-lidar-and-what-it-used>.
- 40.** Abdo J., Hamblin S., Chen G. Effective Range Assessment of Lidar Imaging Systems for Autonomous Vehicles under Adverse Weather Conditions with Stationary Vehicles. Frostburg : ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering, 2022, Sv. 8, 4052228. ISSN 23329017.

41. Tan H., Zhao X., Yang J. Exploring the influence of anxiety, pleasure and subjective knowledge on public acceptance of fully autonomous vehicles. Changsha : Computers in Human Behavior, 2022, Sv. 131, 197187. ISSN 07475632.
42. Qingyuan Song, Wen Wang, Weiping Fu, Yuan Sun, Denggui Wang, Zhiqiang Gao. Research on quantum cognition in autonomous driving. Xi'an : Scientific Reports, 2022, Sv. 12, 300. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04239-y>.
43. Python Software Foundation. What is Python? Executive Summary. python. [Online] Python Software Foundation. [Citace: 20. 2 2022.] <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>.
44. HLAVÁČEK, Adam. Pygame - Úvod & instalace. itnetwork.cz. [Online] itnetwork.cz, [Citace: 20. 2 2022.] <https://www.itnetwork.cz/python/pygame/pygame-uvod--instalace>.
45. JetBrains s.r.o. Get started. PyCharm. [Online] JetBrains s.r.o., 11. 1 2022. [Citace: 20. 2 2022.] <https://www.jetbrains.com/help/pycharm/quick-start-guide.html>.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Fázový diagram [7].....	11
Obrázek 2 – Fázový diagram příkladu s klimatizací.....	12
Obrázek 3 – Zjednodušený příklad klimatizace.....	12
Obrázek 4 – Schéma klapky v HVAC [8].....	13
Obrázek 5 – Soustava pro ohřev vzduchu [8].....	14
Obrázek 6 – Kondenzátor [8].....	15
Obrázek 7 – Soustava klimatizace TXV [9].....	17
Obrázek 8 – Sběrač (OT) [8].....	19
Obrázek 9 – Detail pístového kompresoru [8].....	20
Obrázek 10 – Detail kondenzátoru [8].....	22
Obrázek 11 – Nádrž (TXV) [8].....	22
Obrázek 12 – Venturiho trubice (OT) [8].....	23
Obrázek 13 – Use case diagram.....	40
Obrázek 14 – Activity diagram.....	41
Obrázek 15 – Okno programu s kruhem.....	43
Obrázek 16 – Informace na příkazovém řádku.....	44
Obrázek 17 – Průměrné hodnoty měření s maximálními a minimálními hodnotami.....	46
Obrázek 18 – Průměrné hodnoty měření s odchylkou.....	47
Obrázek 19 – Grafy četnosti nejčastější hodnoty ve třech zaokrouhleních.....	48

10 Seznam vzorců

Vzorec 4.1	– Kalometrická rovnice - Teplo přijaté	5
Vzorec 4.2	– Kalometrická rovnice - Teplo odevzdané.....	5
Vzorec 4.3	– Kalometrická rovnice	5
Vzorec 4.4	– Teplo předané tělesem do okolí za čas τ	6
Vzorec 4.5	– Celková energie látky	9
Vzorec 4.6	– Vnitřní energie tělesa	9
Vzorec 4.7	– První termodynamický zákon	9
Vzorec 4.8	– Vyjádření tepla z prvního termodynamického zákona ve formátu součtu ...	9
Vzorec 4.9	– vyjádření záporné práce	9
Vzorec 4.10	– Vyjádření tepla z prvního termodynamického zákona	9
Vzorec 4.11	– Tepelná kapacita	10
Vzorec 4.12	– Kinetická energie molekul ideálního plynu	10
Vzorec 4.13	– Stavová rovnice plynu v rovnovážném stavu	10
Vzorec 4.14	– Stavová rovnice plynu v rovnovážném stavu se zanesenou hmotností	10
Vzorec 4.15	– Stavová rovnice plynu v rovnovážném stavu se zanesenou hmotností a látkovým množstvím	10
Vzorec 4.16	– Izotermický děj ideálního plynu	10
Vzorec 4.17	– Izochorický děj ideálního plynu	11

11 Seznam zkratek

- HDP – Hrubý domácí produkt
- HVAC – Topení, větrání a klimatizace (*Heating, ventilation, and air conditioning*)
- OT – Venturiho trubice (*Orifice tube*)
- TXV – Termostatický expanzní ventil (*Thermostatic expansion valve*)
- HPCO – Vysokotlaké připojení (*High pressure carry over*)
- ESP – Elektronický stabilizační systém (*Electronic Stability Program*)
- ESC – Elektronický stabilizační systém (*Electronic Stability Control*).
- MSC – Elektronický stabilizační systém pro motocykly (*Motorcycle Stability Control*)
- ABS – Protiblokovací brzdový systém (*Anti-lock Braking System*)
- ASR – Protiskluzová regulace (*Anti-Slip Regulation*)
- EDS – Elektricky řízený diferenciál (*Electronic Differential Slippery*)
- HCC – Systém držení brzdy v kopci (*Hill Hold Control*)
- MBA – Asistent mechanických brzd (*Mechanic Brake Assist*)
- HBA – Asistent hydraulických brzd (*Hydraulic Brake Assist*)
- ACC – Adaptivní tempomat (*Adaptive cruise control*)
- GPS – Globální polohovací systém (*Global Positioning System*)
- IDE – Integrated Development Environment (*Integrated Development Environment*)

Příloha I – Zdrojový kód programu v jazyce Python

```
from random import randint
from datetime import datetime
import pygame
from sys import exit

pygame.init()
clock = pygame.time.Clock()
screen = pygame.display.set_mode((1366, 768)) # ROZLISENI
pygame.display.set_caption('test')

WHITE = (255,255,255)
BLACK = (0,0,0)

pygame.font.init()
myfont = pygame.font.Font('Spline_Sans/static/SplineSans-Bold.ttf', 45)
# TEXTY ZOBRAZOVANE
textsurface1 = myfont.render('Pro další měření zmáčkni <- ', False, WHITE)
textsurface2 = myfont.render('Přerušeni během měření je nutné držet <- ',
False, WHITE)
textsurface3 = myfont.render('Pro spuštění je nutné kliknout myši', False,
WHITE)
textsurface4 = myfont.render('Proběhlo 15 měření a test bude ukončen',
False, WHITE)

posx = 500
posy = 100
start_time = 0
view_time_set = 0
view_time = 0
check = False
holding_check = False
check_right = False
check_mouse = False

list_casu = []
mereni = 15
i=0
datum = datetime.now()
datum = datum.strftime("%d.%m.%Y %H:%M:%S")
print(datum)

screen.blit(textsurface3, (200, 300))

# ZADANI NAZVU TXT
def start_console ():
    txt_name = input("Zadej název dokumentu: např.: jmeno-prijmeni_20C ")
    return txt_name
txt_name = start_console()
# VYTVORENI KRUHU
def circle (posx, posy, color):
    return (pygame.draw.circle(screen, color, (posx, posy), 30))
# VYTVORENI TXT + ZAPSANI
def txt (txt_name, list_casu, datum):
    with open('docs/' + txt_name + '.txt', 'w') as f:
```

```

        f.write(txt_name)
        f.write("\n\n")
        f.write(datum)
        f.write("\n\n")
        for times in list_casu:
            f.write(str(times) + ';')
pygame.quit()

while True:
    for event in pygame.event.get():
# EXIT
        if event.type == pygame.QUIT:
            txt(txt_name, list_casu, datum)
            exit()
# KLIK ESC, LEVA SIPKA, PRAVA SIPKA - ( moznost editovat cas)
        if event.type == pygame.KEYDOWN:
# LEVA KLAVESA KLIK - 1. ( Zapnout randit)
            if event.key == pygame.K_LEFT and holding_check == False and i
< 15: # tady dat AND pokud neni předtim přerušeno

                view_time_set = (randint(10,50) * 1000)
                #view_time_set = 1000
                view_time = pygame.time.get_ticks() + view_time_set
                check = True
                posx = randint(30,1336)
                posy = randint(30,738)
                screen.fill((BLACK))
                check_right = False
# LEVA KLAVESA KLIK - po preruseni
                elif event.key == pygame.K_LEFT and holding_check == True:
                    view_time = pygame.time.get_ticks() + view_time_set
                    holding_check = False
                    check = True
                    print("AGAIN AGAIN AGAIN AGAIN AGAIN")
                    screen.fill((BLACK))
                    check_right = False
# PRAVA KLAVESA KLIK
                elif event.key == pygame.K_RIGHT and (int(view_time/1000)) <=
(int(pygame.time.get_ticks()/1000)) and check_right == True and i < 15:
                    check = False
                    check_right = False
                    list_casu.append((pygame.time.get_ticks() -
(int(view_time/1000))*1000)
                    i += 1
                    screen.blit(textsurface1, (300,300))
# EXIT ESC
                elif event.key == pygame.K_ESCAPE: txt(txt_name, list_casu,
datum), pygame.exit()
# PUSTENI LEVE KLAVESY
                elif event.type == pygame.KEYUP:
                    if event.key == pygame.K_LEFT and (int(view_time/1000)) >
(int(pygame.time.get_ticks()/1000)):
                        holding_check = True
                        check = False
                        print("PAUSE")
                        screen.blit(textsurface2, (400, 300))
                    elif event.key == pygame.K_LEFT and (int(view_time / 1000)) <=
(int(pygame.time.get_ticks() / 1000)):
                        check_right = True
# KLIK MYS

```

```

        elif event.type == pygame.MOUSEBUTTONDOWN:
            screen.fill(BLACK)
            check_mouse = True

# ZOBRAZ. KRUHU
    if (int(view_time/1000)) == (int(pygame.time.get_ticks()/1000)) and
check == True:
        circle(posx, posy, WHITE)
        print("Objevil se kruh !")
        check = False
# ZOBRAZ. ZPRAVY KONEC
    if i == 15:
        screen.fill(BLACK)
        screen.blit(textsurface4, (300, 300))
# TERMINAL ZPRAVA MOUSE
    if check_mouse == False: print("MOUSE MOUSE MOUSE MOUSE")
# INFO TERMINAL
    if i == 0: print( i+1 , (int(view_time / 1000)),
(int(pygame.time.get_ticks() / 1000)) )
    else: print( i+1 , (int(view_time / 1000)), (int(pygame.time.get_ticks()
/ 1000)), "měření", i , list_casu[i-1] )

    pygame.display.update()
    clock.tick(60)

```