



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

PŘEHLED VÝVOJE LÉTAJÍCÍCH AUTOMOBILŮ

OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT OF FLYING CARS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Samuel Kosír

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Vladimír Daněk, CSc.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Letecký ústav
Student: **Samuel Kosír**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Vladimír Daněk, CSc.**
Akademický rok: 2021/22

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

Přehled vývoje létajících automobilů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Stále se objevují snahy o uplatnění kombinovaných leteckých a pozemních dopravních prostředků jako jsou létající automobily. Předmětem bakalářské práce je podat rešeršní formou informaci o dosavadním vývoji v této oblasti vývoje kombinovaných dopravních prostředků.

Cíle bakalářské práce:

Stručně a přehledně zpracovat chronologický technický vývoj létajících automobilů. Přehled by měl zahrnovat možná principiální řešení, realizované projekty, současný stav vývoje, včetně legislativních otázek provozu létajících automobilů.

Seznam doporučené literatury:

en.wikipedia.org/wiki/Flying_car a následné odkazy

aeromobil.com

klein-vision.com

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem létajících automobilů. V první části je popsán jejich design. Tato část je poté rozčleněna na kapitoly o technických požadavcích, možnostech vzletu a přistání, pilotovacích režimech, pohonech, typech hnacích systémů a přechodu mezi režimem letu a jízdy. V druhé části je v chronologickém sledu podrobně rozepsán vývoj létajících automobilů. Třetí část je věnována legislativním otázkám a regulacím týkajících se létajících automobilů.

Klíčová slova

Létající automobil, letadlo, motor, vývoj, prototyp

ABSTRACT

This bachelor's thesis is an overview of flying cars. The first part of the thesis describes their design. This part is further split into sections about technical requirements, take-off & landing modes, pilot modes, power types, propulsion system architectures, and transition between airplane mode and vehicle mode. In the second part is closely described development of flying cars in chronological order. The third part addresses legislative problems and regulations that apply to flying cars.

Key words

Flying car, aircraft, engine, development, prototype

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOSÍR, Samuel. *Přehled vývoje létajících automobilů*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139849>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav. Vedoucí práce Vladimír Daněk.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce doc. Ing. Vladimírovi Daňkovi, CSc. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za pomoc a podporu během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma *Přehled vývoje létajících automobilů* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a zdrojů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....

Datum

Samuel Kosír

Jméno a příjmení

OBSAH

ÚVOD.....	13
1 Design.....	14
1.1 Požadavky	14
1.2 Možnosti vzletu a přistání.....	14
1.3 Pilotovací režimy	15
1.4 Typy pohonů	15
1.5 Typy hnacích systémů	16
1.6 Rekonfigurace-přechod mezi režimem letu a ježdění.....	19
2 Vývoj	20
2.1 První polovina 20. století.....	20
2.1.1 AC-35 Autogiro.....	20
2.1.2 Fulton Airphibian	21
2.1.3 Taylor Aerocar	22
2.2 Druhá polovina 20. století.....	24
2.2.1 Piasecki VZ-8 AirGeep	24
2.2.2 AVE Mizar	25
2.3 Současný stav	26
2.3.1 Terrafugia Transition.....	26
2.3.2 AeroMobil	27
2.3.3 Plane Driven PD-1	29
3 Legislativa	30
ZÁVĚR.....	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	32
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	34
SEZNAM OBRÁZKŮ	35
SEZNAM TABULEK	36

ÚVOD

Počátky létajících automobilů sahají ještě do období během první světové války. Lidé se snažili zkombinovat přednosti konstrukce automobilu a letadla. Z počátku nedokázaly automobily ani vzlétnout a potýkaly se s řadou chyb, nebo dokonce se vzplanutím. První prototypy bývaly většinou menší a lehčí automobily, na které byla namontována křídla.

V druhé polovině 20. století byly létající automobily schopny letět, ale žádný se nedočkal komerčního využití. Začal se také používat nový typ pohonu, VTOL (z angl. Vertical Take-Off and Landing), což byl systém, který umožňoval letadlům startovat a přistávat vertikálně.

V dnešní době je na trhu velké množství firem, které se zabývají vývojem a následnou implikací létajících automobilů do reálného světa, ať již v sektoru veřejné dopravy, sektoru vojenském nebo na soukromé užití. Existuje již mnoho modelů a variant, s různými typy pohonů a vyrobených z různých materiálů. Vývojem se zabývá velké množství států, mezi které se řadí například USA, Francie, Německo, Čína a také Slovensko.

Tato bakalářská práce se zabývá přehledem vývoje létajících automobilů za více jak sto let jejich existence, jejich designem, požadavky a legislativou související s nimi.

1 Design

Navržení a zkonstruování létajícího automobilu přichází s množstvím výzev. Design letadla je zcela odlišný od automobilu a proto se musí dělat kompromisy. Ústupkem ze strany designu automobilu je například jeho neobvyklý tvar a velikost. Ze strany letadla se jedná nejčastěji o nedostačující velikost křídel nebo odhalené řídicí plochy a senzory. Při návrhu musí být zohledněny také náklady na výrobu, prodejní a provozní cena, dopad na životní prostředí a bezpečnost nejen na pozemních komunikacích ale i ve vzduchu. [1]

1.1 Požadavky

Létající automobil musí splňovat určité požadavky, aby byl schopen letu ale i jízdy na pozemní komunikaci. Mezi tyto požadavky patří nízká hmotnost a aerodynamický tvar vozidla z důvodu spotřeby paliva nebo energie, vysoce výkonný pohon potřebný pro dosažení dostatečného tahu k vzletnutí, existence kontrolních letových systémů a rychlý přechod z režimu létání do režimu jízdy a opačně pro jednoduchou operaci vozidla. [1]

1.2 Možnosti vzletu a přistání

Všeobecně rozlišujeme čtyři typy, jak může létající automobil vzletnout a přistát (tab. 1):

- VTOL (Vertical Take-Off and Landing)
Létající automobily mohou vzletnout i přistát vertikálně. Pro tento mód není zapotřebí žádných přistávacích drah. Tím pádem je i nejflexibilnější a nejvhodnější do hustě obydlených oblastí. Létající automobily tohoto typu by měly být vybaveny buď rotory nebo vertikálními dmychadly. [2]
- VTHL (Vertical Take-Off and Horizontal Landing)
Vzlétnutí probíhá vertikálně, ale na přistání využije vozidlo přistávací dráhu. [2]
- HTVL (Horizontal Take-Off and Vertical Landing)
Tímto způsobem vzletne létající automobil z přistávací dráhy a přistane vertikálně v požadované destinaci. [2]
- HTOL (Horizontal Take-Off and Landing)
Na vzletnutí i přistání potřebuje létající automobil přistávací dráhu. Tento typ je nejvíce využíván pro létající automobily s pevnými nebo sklopnými křídly. Je vhodný do venkovských oblastí s dostatkem místa pro přistávací dráhy. [2]

Tab. 1.1 Porovnání jednotlivých módů vzletu a přistání [2].

Typy	Technická složitost	Přistávací dráha	Náklady na údržbu	Rotory/ Vertikální dmychadla	Pevná křídla
VTOL	Vysoká	Není potřebná	Vysoké	Ano	Ne
VTHL	Střední	Potřebná	Střední	Ano	Ano
HTVL	Střední	Potřebná	Střední	Ano	Ano
HTOL	Malá	Potřebná	Nízké	Ne	Ne

1.3 Pilotovací režimy

Pilotovací režimy určují, jak jsou létající automobily řízeny a ovládány během vzletu, samotného letu a přistání, které jsou významné z hlediska nákladů na hardware, provozních nákladů (např. spotřeba paliva a náklady na pilotování) a bezpečnost. [2] Pilotovací režimy jsou dělené následně:

- Pilotovány člověkem
V tomto režimu jsou létající automobily ovládány piloty, jak u konvenčních letadel. Na ovládání je zapotřebí jak řidičský, tak i pilotní průkaz. Tento režim nabízí dobrou flexibilitu a svobodu při manévrování v případě nouzové situace. [2]
- Bezpilotní režim
Létající automobily, které využívají tento režim, mohou provádět všechny operace plně automaticky, bez potřeby pilota. Tato možnost je obzvlášť vhodná pro komerční využití ve veřejné dopravě s pevně danými trasami. [2]
- Hybridní režim
Hybridní režim byl navržen pro některé létající automobily ve vývoji, které profitují z kombinace obou režimů zmíněných výše. I když jsou výrobní náklady létajících automobilů vyšší než náklady zbylých dvou režimů, je hybridní režim vhodný na flexibilní provoz bez pevně stanovených tras, jakými jsou například zájezdy. [2]

1.4 Typy pohonů

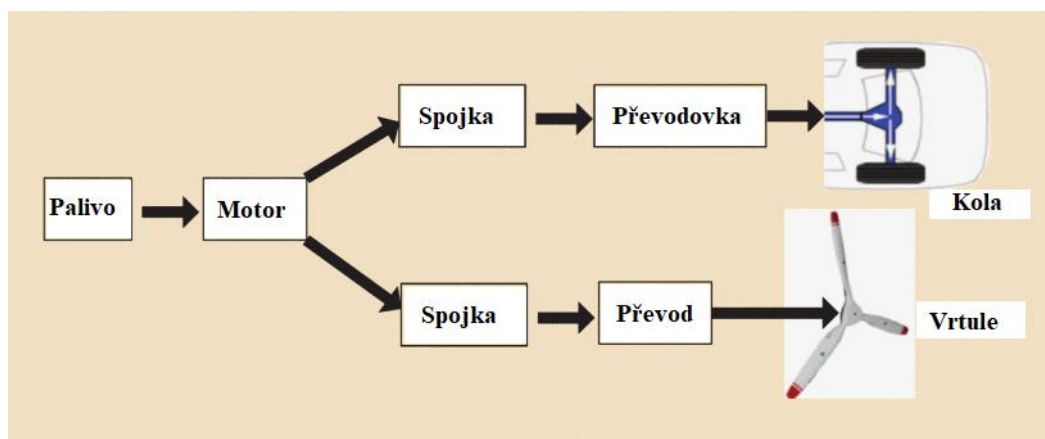
Pohon je volen v závislosti na tom, pro jaký účel bude létající automobil používán.

- Elektrická energie
U létajících automobilů je tato možnost nejvíce preferovanou, a to hlavně z důvodu nižších emisí i hlukového zamoření prostředí. Elektrické baterie jsou upřednostňovány především v městských oblastech. Na tyto baterie jsou kladeny určité požadavky, jako je jejich hustota energie (množství energie na jednotku hmotnosti), čas nabíjení, cyklická životnost (počet cyklů úplného vybití a nabití, předtím, než klesne kapacita baterie pod 80 % její původní kapacity) a průměrná cena (cena za kilowatthodinu). Dále se musí brát v potaz znečištění prostředí těžkými kovy a kyselinami, které baterie obsahují. Proto je nezbytné se při vývoji létajících automobilů zaměřit na baterie s nízkým dopadem na životní prostředí. [2]
- Uhlovodíkové palivo
Létající automobily používající uhlovodíkové palivo mají stejné nevýhody jako obyčejné automobily a letadla poháněná spalovacím motorem. Znečištění vzduchu a znečištění hlukem jsou jenom některé z nich. Avšak náklady na hardware a složitost výrobního procesu létajících automobilů používajících uhlovodíkové palivo jsou podstatně nižší oproti hybridně poháněným. Mezi výhody patří také větší délka doletu a rychlost natankování. Proto je tento typ pohonu vhodný na delší trasy. [2]
- Hybridní pohon
Hybridní pohon byl použit, stejně jako v automobilovém průmyslu, pro zkombinování předností jak elektricky poháněných, tak i létajících automobilů se spalovacím motorem. Jelikož takovýto design automaticky zkomplikuje výrobní proces a narostou náklady na výrobu, sníží se konkurenceschopnost takto poháněných létajících automobilů. [2]

1.5 Typy hnacích systémů

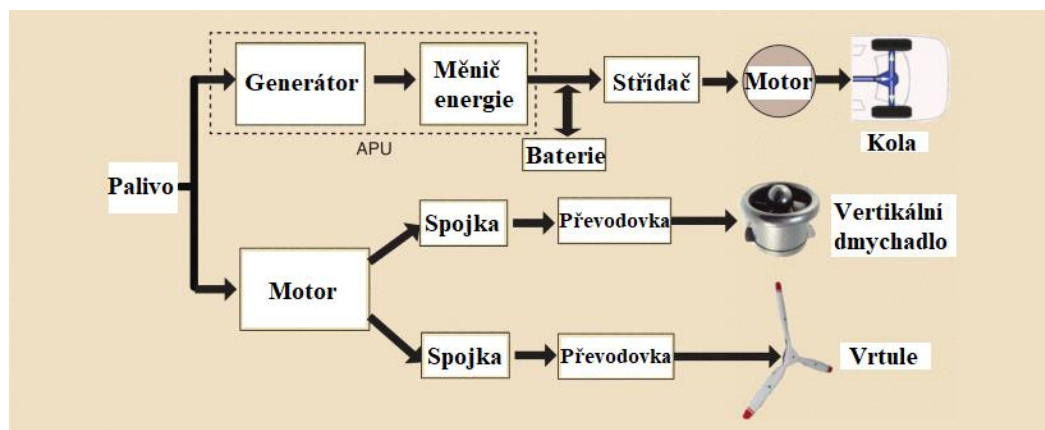
Pro rozměrné vozidlo, jako je například Transformer (projekt Agentury ministerstva obrany Spojených států amerických pro pokročilé výzkumy-DARPA), mohou být použity samostatné hnací systémy na vzletnutí, let a pozemní přepravu. Pro menší vozidla by tento způsob separátních hnacích systémů zapříčinil nárůst na ceně i hmotnosti. Taktéž, když je tah potřebný k vertikálnímu vzletnutí i k letu v konstantní výšce získávan ze stejného motoru, pak je tento motor příliš velký a těžký na to, aby dosahoval větší efektivity. To zapříčiní vyšší spotřebu paliva a kratší dolet. Proto může být na základě požadovaného doletu potřebný motor jak pro VTOL, tak i pro samotný let. [1]

Zjednodušený hnací systém (Obr. 1.1) pro létající automobil využívá motor na pohon ve vzduchu i na zemi a není schopen vertikálně vzletnout ani přistát. Na zemi je vrtule odpojena pomocí spojky, která funguje podobně jako v automobilu. V průběhu vzletání a samotného létání je motorem poháněna jenom vrtule. [1]



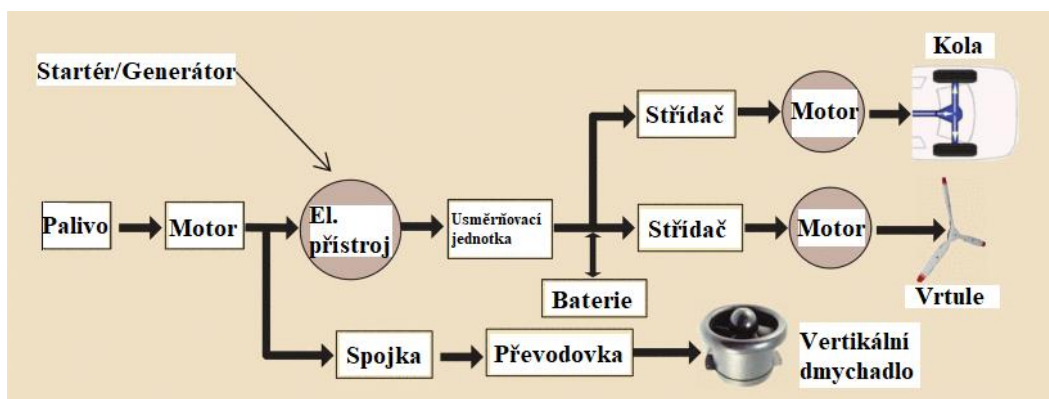
Obr. 1.1 Zjednodušený hnací systém [1].

Hybridní pohon pro pozemní vozidla může být použit také pro létající automobily, a to zahrnutím schopnosti pro let a VTOL (Obr. 1.2). Pro ježdění je použita přídavná napájecí jednotka (APU), která se skládá z motorem poháněného generátoru a měniče energie. Ta nabíjí baterii dodávající elektrickou energii motoru, který pohání kola automobilu. K létání je použit turbínový nebo spalovací motor. Během vzletnutí a přistání motor spolu s převodovkou pohánějí vertikální dmychadlo. Jakmile je dosaženo letové výšky, motor pohání vrtuli. Hladkého přechodu z vertikálního vzletnutí na horizontální let, je dosaženo odděleným kontrolováním naklonění vertikálního dmychadla. [1]



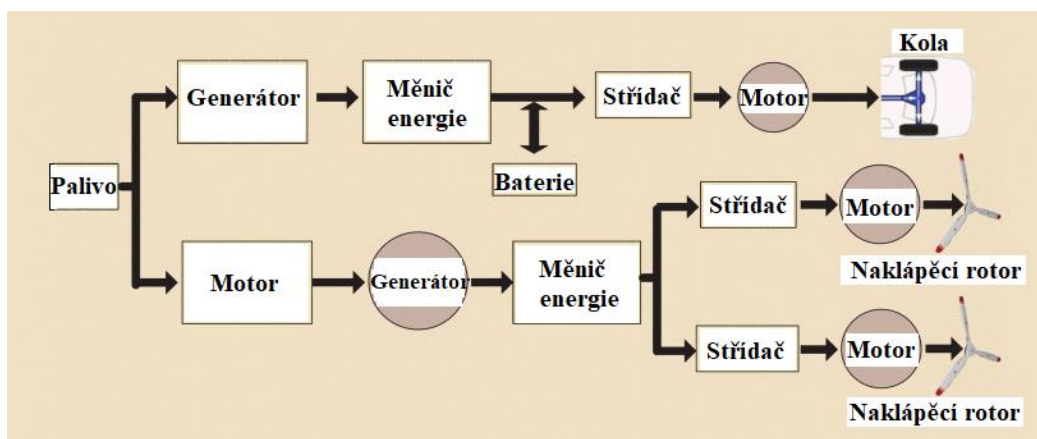
Obr. 1.2 Hybridní pohon s elektrickým motorem pro jízdu na zemi [1].

Další možnost pohonu je taková, že funkce přídatné napájecí jednotky může být zkombinována se startérem a generátorem motoru. Vrtule je pak poháněna elektricky (Obr. 1.3). Na začátku je motor nastartován použitím energie z baterie a usměrňovací jednotka funguje jako střídač, který mění napětí stejnosměrného proudu na proměnné napětí a frekvenci, aby poskytl elektrickou energii na nastartování motoru. Jakmile motor zrychlí, tak se elektrický přístroj začne chovat jako generátor a dodává energii na nabití baterií. Střídače pak převedou napětí baterie na střídavé napětí, aby poskytly energii hnacímu motoru na pohon na zemi. Pro dopravu ve vzduchu se může použít shodný stejnosměrný proud z usměrňovací jednotky na pohon vrtule pomocí elektrického motoru a střídače elektrické energie. Vertikální dmychadlo je poháněno přímo od motoru. [1]



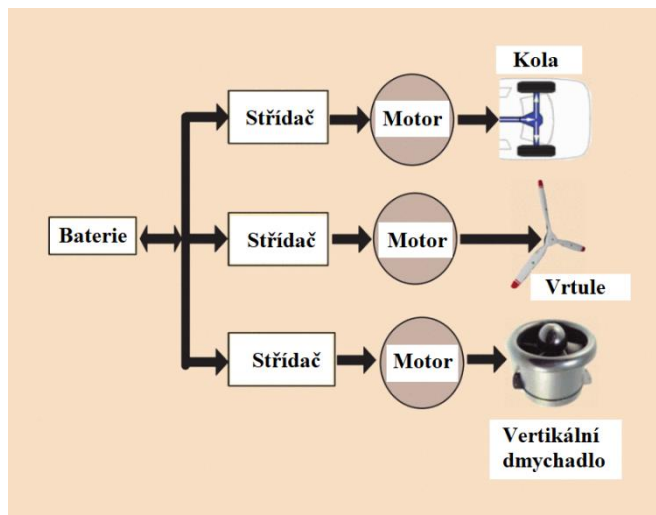
Obr. 1.3 Hnací systém s elektrickými motory pohánějícími kola a vrtule [1].

Funkce vrtule a vertikálního dmychadla může být zkombinována použitím rotorů s naklápěním (Obr. 1.4). Takovýto létající automobil je schopen vzlétnout a přistát vertikálně jako helikoptéra, a letět horizontálně jako letoun s pevnými křídly naklápěním rotorů namontovaných na křídlech o 90 °, aby fungovali jako vrtule. Naklápěcí rotory jsou poháněny elektrickými motory, které získávají energii z motorem poháněného generátoru a baterie. Kola pohání přídatná napájecí jednotka. [1]



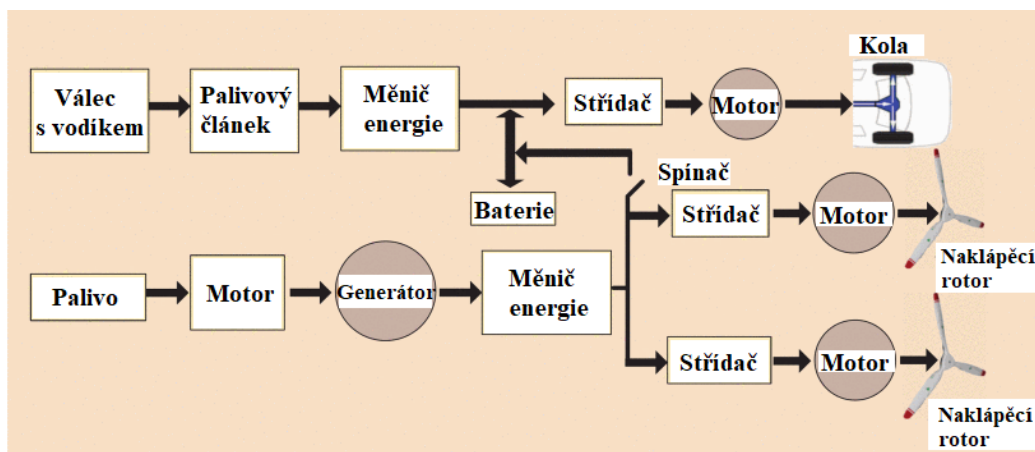
Obr. 1.4 Hnací systém s naklápěcími rotory [1].

Hnací sestava čistě elektricky poháněného létajícího automobilu (Obr. 1.5) využívá baterii, která je zdrojem elektrické energie jak pro pohon na zemi, tak i pro vzletnutí, let a přistání. Pro každou funkci je použito oddělených elektrických motorů. Tato sestava může být také nastavena tak, že elektrické motory nepohánějí vrtuli a vertikální dmychadlo, ale naklápěcí rotory. [1]



Obr. 1.5 Čistě elektrický hnací systém [1].

V poháněcím systému (Obr. 1.4), se může pro pohon kol místo motorem poháněného generátoru použít palivový článek s polymerním elektrolytem (Obr. 1.6). Přívod vodíku do palivového článku zabezpečuje malý válec s vodíkem. Když už není dostatek vodíku pro pokračování v jízdě, tak se sepnutím spínače převede výkon z měniče energie na elektrický motor pohánějící kola automobilu. [1]



Obr. 1.6 Vodíkový hnací systém [1].

Další možností je, že dva elektrické motory pohánějící naklápěcí rotory (Obr. 1.4 a Obr. 1.5) mohou být propojeny pomocí hnacích hřídelí se společnou centrální převodovkou. Takhle v případě selhání jednoho z motorů, může druhý motor pohánět oba naklápěcí rotory.

Všechny výše zmíněné typy hnacích systémů jsou jenom koncepty a každý má své výhody a omezení vzhledem k velikosti, typu vozidla a požadavkům na výkon. Nejlepší volbou by bylo použití stejných komponent a podsystémů jak pro ježdění, tak i pro vzletnutí, let a přistání. Takovýmto uspořádáním by se snížila nepotřebná hmotnost vozidla, protože funkce, které by se nepoužívaly v jedné operaci, ale byly by potřebné pro jinou operaci, by se v tomto vozidle nenacházely. [1]

1.6 Rekonfigurace-přechod mezi režimem letu a ježdění

Téměř každý létající automobil má jiný systém pro změnu módů. Mezi tyto systémy patří:

- Sklopná křídla
Sklopná křídla byla vytvořena s cílem šetřit prostor a jsou typická pro letadla, která vzlétávají z palub letadlových lodí. S postupem času vzniklo vícero stylů mechanismu pro sklápění křídel. V čase, kdy se sklopná křídla využívala pro šetření místa na letadlových lodích nebo na letišti, tak se tento systém používal i pro sklápění křídel na létajících automobilech. Sklopná křídla mají několik nevýhod oproti křídům pevným. Jsou těžší, mají složitější konstrukci, aerodynamiku a propojení elektroniky. Křídla se sklopí nad vozidlem, buďto vcelku, nebo přehnutá ve vícerech místech. Létající auta, která využívají tento systém jsou například slovenský AeroMobil nebo americká Terrafugia Transition. [3]
- Snímatelná křídla
Vozidla s tímto systémem ponechají při přechodu do režimu automobilu křídla na letišti a když chtějí znovu přejít do režimu létání, tak se vrátí na letiště a připojí křídla zpět (např. Aerocar, AVE Mizar). [3]
- Modul s odnímatelným podvozkem i rotory
Zajímavým prototypem je Audi Pop.Up Next, který podle aktuálního režimu připojí dvoulístný modul buď k podvozku nebo k rotorům. Tento koncept může být vhodný pro městskou dopravu, protože odlehčí provoz ve velkých městech. [4]

2 Vývoj

Koncept létajících automobilů není žádnou novou myšlenkou a datuje se až k počátku minulého století. S rychlým pokrokem a komercializací letadel a automobilů a také s množstvím technologických výzev, zájem o létající automobily poklesl. Uskutečnilo se bezpočet pokusů o předvedení létajících automobilů i o jejich zavedení do každodenního života. Několik z nich je rozepsáno v následujících kapitolách.

2.1 První polovina 20. století

Na začátku minulého století bylo vynalezeno a úspěšně vyrobeno první letadlo. Ve stejném období procházel automobilový průmysl prostřednictvím standardních technik sériové výroby rozsáhlým rozšiřováním. Mnoho vynálezců se snažilo přijít na vhodné a praktické řešení, mezi které patřily například Autoplane Glenna Curtisse (představen r. 1917), dvoumístný Arrowbile Walda Watermana (prototyp zkonstruován r. 1937), nebo Aerocar Moultona Taylora (zkonstruován r. 1949) [1].

2.1.1 AC-35 Autogiro

Letadlo u každého v garáži, to byl plán společnosti Autogiro Company of America (ACA) s jejich vozem AC-35 (Obr. 2.1). Práce na tomto vozidle započaly roku 1935 když Experimental Development Section of the Bureau of Air Commerce (Oddělení experimentálního vývoje úřadu leteckého obchodu) zadala zakázku na vývoj pokročilé verze PA-22, malého kabinového autogyra postaveného společností Pitcairn Autogiro Company, jež byla dceřinou společností ACA. [5]

AC-35 mělo mnoho funkcí navržených tak, aby oslovily veřejnost. Listy rotoru se daly složit zpět přes trup na jízdu po cestách a na uskladnění v prostoru $2,1 \times 7,3$ m, určitě dostatečně malém pro garáž střední velikosti. Na AC-35 mohl létat pilot, který nepotřeboval předcházející zkušenosti s letadly s rotačními křídly. [5]

Na cestách mohlo dosáhnout maximální rychlost 40 km/h. Na přistání potřebovalo 52 m. Usadilo dva cestující vedle sebe a za sedadly mělo úložný prostor na příruční zavazadlo. Za kabinou byl namontován motor Pobjoy Cascade s výkonem 90 koní (67 kW). Hřídel, která spojovala motor s vrtulí byla v kovovém pouzdře a procházela kabinou mezi sedadly. Když AC-35 uskutečnilo svůj první let 26.3.1936, bylo vybaveno dvěma protiběžnými vrtulemi, ale z důvodu nadměrného hluku byly nahrazeny jen jednou vrtulí. Motor byl taktéž spojen hřídelí s ocasním kolem. Na tomto kole, které mělo stejnou velikost jako přední kola, závisely jízdní schopnosti vozidla. Pro zatáčení na silnici se používala přední kola. Trup měl svařovanou ocelovou konstrukci s dřevěnými pásy kapotáže a kovovým a látkovým potahem. Ocasní část byla celá vyrobená z dřeva s látkovým potahem. [5]

Kromě využití pro veřejnost jakožto rekreační vozidlo, existovalo pro AC-35 množství dalších možností využití, mimo jiné i pro vojenskou a komerční přepravu, letecké fotografování nebo policejní a lesnické hlídky. [5]

Tab. 2.1 Základní parametry AC-35 [5].

Rozměry	
Délka:	5 m
Výška:	2,4 m
Průměr rotoru:	11,1 m
Vlastní hmotnost:	376 kg
Max. vzletová hmotnost:	599 kg
Výkony	
Rychlost v módu automobilu:	40 km/h
Rychlost v módu letadla:	120 km/h



Obr. 2.1 AC-35 se sklopenými listy rotoru [5].

2.1.2 Fulton Airphibian

Airphibian (Obr. 2.2), který navrhl Robert Fulton ml., se stal prvním létajícím autem schváleným Úřadem civilního letectva (Civil Aviation Administration-CAA).

V průběhu 2. světové války létal Robert Fulton se svým letadlem po celých státech kvůli práci pro vládu a často zůstal na letišti s nespolehlivými nebo nevyhovujícími možnostmi dopravy do města. Proto vyvinul svůj Airphibian, jakožto flexibilní prostředek na osobní i obchodní přepravu.

Fulton navrhnul Airphibian jako hornoplošník (jednoplošník, kde je horní strana křídla na úrovni s vrškem trupu letadla). Měl konvenční zadní část trupu a ocasní plochy z ocelových trubek potažených látkou, rovně zkosená samonosná křídla a polonosnou konstrukci přední části trupu, která se oddělila a přeměnila na auto.

První zkušební let prototypu se uskutečnil 21. května 1947. Ovládání na zemi bylo považováno za vynikající jak v konfiguraci pro jízdu na silnicích, tak i v letovém režimu. Pravý pedál kormidla zabezpečoval normální činnost brzd, levý pedál ovládal spojku a plynový pedál zabezpečoval výkon. Motor poháněl zadní kola přes měnič kroutícího momentu, hnací hřídel, kombinovanou převodovku a diferenciál. Při operování na zemi bylo možné zabrzdit všechna čtyři kola, ale při rolování se dala zabrzdit jenom dvě. Airphibian disponoval šestiválcovým motorem Franklin 6A4-165 B3 s výkonem 110 kW, jenž mohl dosáhnout rychlostí 177 km/h ve vzduchu a 89 km/h na zemi.

Pro provoz na cestách se ocasní část a křídla oddělovala a vrtule byla přemístěna do vnitřku trupu. Připevnění k letadlové části se dosáhlo zacouváním auta do trupu, vyrovnaním ocasu a křídel a posunutím tří uzamykacích pák, které zasouvaly a zajistily čepy do kování. Nosník a ocasní část se zasunuly do vodorovně nakloněných U-kování. Po zajištění byla dvě podporná kola, která podpírala křídla a zatahovací zadní kolo otočeny do úložné polohy. Následně byla vrtule vyndána z držáku na boku trupu a namontována zpátky na přední část trupu.

Tab. 2.2 Základní parametry Fulton Airphibian [6].

Rozměry	Mód automobilu	Mód letadla
Délka:	3,8 m	6,76 m
Výška:	1,5 m	2,34 m
Rozvor kol/rozpětí křídel:	1,8 m	10,2 m
Vlastní hmotnost:	496 kg	680 kg
Max. hmotnost/max. vzletová hmotnost:	510 kg	947 kg
Výkony		
Rychlost:	89 km/h	180 km/h
Max. rychlost:	–	190 km/h



Obr. 2.2 Fulton Airphibian [6].

2.1.3 Taylor Aerocar

Myšlenka na létající automobil napadla konstruktéra Moultona Taylora v roce 1946 během cesty do Delaware. Taylor tam potkal vynálezce Roberta Fultona ml. a byl uchvácen konceptem jeho létajícího automobilu Airphibian. Taylor ihned uviděl slabou stránku v pevných, snímatelných křídlech Fultonova designu a začal se stavbou svého prototypu Aerocar se skládacími křídly, který dokončil v roce 1949. [7]

Po úspěšném předváděcím letu Taylor propagoval Aerocar na leteckých i automobilových výstavách. Jakmile přišlo dostatek poptávek, získal peníze na certifikaci stroje a na výrobu čtyř modelů pro demonstrování a případný prodej. [7]

Aerocar bylo dvoumístné vozidlo se sedadly vedle sebe, čtyřmi koly, křídly a jedním čtyřválcovým motorem Lycoming o výkonu 107 kW namontovaným nad zadními koly. Tento motor poháněl přední kola přes třístupňovou převodovku a propojením přes hřídel poháněl i vrtuli. Vrtule byla namontována na konci kuželového ocasu, který byl nakloněný nahoru, aby poskytoval dostatečnou vůli pro vrtuli. Aerocar dokázal jet rychlostí 97 km/h a letět rychlostí 177 km/h. [7]

Aerocar představoval revoluční koncept. Nejenže se dal lehce předělat z režimu letadla na auto, ale i jeho křídla se dala složit podél boků odděleného trupu a táhnout za autem jako přívěs. Tento proces trval jedné osobě přibližně pět minut. Proto nebylo potřebné nechávat křídla, ocas a vrtuli na letišti, aby mohlo vozidlo jezdit po silnicích, a nemuselo se také vracet na to stejné letiště, aby mohlo znovu letět. [7]

Úřad civilního letectva (CAA) udělil certifikaci Aerocar v roce 1956 a Taylor se dohodnul s korporací Ling-Temco-Vought na sériové výrobě za předpokladu, že získá 500 objednávek. Podařilo se mu získat jenom polovinu, a proto se Aerocar do sériové výroby nedostal. Bylo vyrobeno jenom šest exemplářů. [7]

Tab. 2.3 Základní parametry Aerocar [7].

Rozměry	Mód automobilu	Mód letadla
Délka:	3,2 m	6,4 m
Výška:	2,2 m	2,2 m
Rozpětí křídel:	–	9,1 m
Vlastní hmotnost:	680 kg	680 kg
Max. hmotnost/max. vzletová hmotnost:	953 kg	953 kg
Výkony		
Rychlost:	97 km/h	156 km/h
Max. rychlost:	–	188 km/h



Obr. 2.3 Taylor Aerocar [7].

2.2 Druhá polovina 20. století

I když bylo několik designů schopno letět, žádný nezaznamenal komerční úspěch. A ty, které to zvládly, nebyly známy široké veřejnosti. V tomto období se začaly v hojnějším počtu používat také designy schopné vertikálního vzletu a přistání, tzv. VTOL.

2.2.1 Piasecki VZ-8 AirGeep

Piasecki VZ-8 AirGeep (firemní označení PA-59) byl prototyp letadla typu VTOL, vyvinut společností Piasecki Aircraft pro americkou vládu v roce 1957. Existovalo několik typů, ale zde bude zmíněn až druhý model, PA-59H, který byl pro armádu upraven a nesl název VZ-8P (B). [8]

AirGeep PA-59H byl poháněn dvojicí motorů Turbomeca Artouste IIC s výkonem 390 kW, které umožňovaly dosáhnout maximální rychlost 136 km/h v letovém režimu a 56 km/h na cestách. Rotory AirGeepu byly zatíženy víc jak rotory vrtulníků a nebyly schopny rotovat samy. Při letu vpřed, nakloněný trup vozidla umožňoval umístění zadního ventilátoru pod menším úhlem natočení toku než přední ventilátor. Tím se snížil dynamický odpor způsobený prudkým otočením proudu vzduchu přes horizontální ventilátory. Posádka AirGeepu seděla uprostřed vozidla a skládala se z pilota, kopilota (který byl zároveň i střelcem) a tří pasažérů. [8]

AirGeep byl schopen střílet ze zbraní, zatímco zůstal v zákrytu za překážkou. Jenom zbraň a zaměřovač musely být viditelné nad úrovní palby. Se svou kompaktností na šířku, délku a výšku získal mobilitu, kterou neměl žádný jiný VTOL systém. AirGeep mohl s lehkostí létat pod stromy, mosty, nebo v jiných úzkých prostorách a tím pádem byl těžce odhalitelný radary.

Škrty v rozpočtu vojenského výzkumu zapříčinily zrušení tohoto nadějného projektu. [8]

Tab. 2.4 Základní parametry Piasecki VZ-8P (B) AirGeep [8].

Rozměry	
Délka:	7,5 m
Šířka:	3 m
Výška:	1,8 m
Průměr rotoru:	2,6 m
Vlastní hmotnost:	1184 kg
Max. vzletová hmotnost:	1665 kg
Výkony	
Rychlost v módu automobilu:	56 km/h
Rychlost v módu letadla:	112 km/h
Max. rychlost:	136 km/h



Obr. 2.4 Piasecki VZ-8P (B) AirGeep [8].

2.2.2 AVE Mizar

AVE Mizar (Obr. 2.5) (pojmenovaný podle hvězdy Mizar) byl létající automobil vyrobený v letech 1971–1973 společností Advanced Vehicle Engineers (AVE) v Kalifornii. Společnost pro navrhování a stavění létajících automobilů založili Henry Smolinski a Harold Blake. [9], [10]

Prototyp Mizaru byl vyroben zkombinováním automobilu Ford Pinto s křídly, ocasem a zadním motorem letadla Cessna Skymaster. Pinto bylo značně upraveno, a to tak, že jeho volant se nepoužíval jen na zemi, ale ovládal i výškové kormidlo. Pod palubní deskou, na které byl celý panel leteckých přístrojů a elektroniky, byly namontovány zasouvateľné pedály kormidla. [9], [10]

Na vzletnutí Mizar používal letecký i automobilový motor, což značně zkrátilo dobu vzletu. Jakmile byl ve vzduchu, tak se automobilový motor vypnul. Při přistání bylo využito všech čtyř kol, a tak vozidlo dokázalo zastavit přibližně na 160 m. Na zemi se vysunuly teleskopické podpěry křídel a kostra letadla zůstala na letišti. Pinto mohlo být rychle odmontováno od kostry letadla a odjet pryč. [9]

Začátek výroby byl naplánován na rok 1974. Naneštěstí, 11.9.1973, během zkušebního letu v Oxnarde v Kalifornii se od Pinta odpojila vzpěra pravého křídla. Tuto havárii Smolinski ani jeho společník Harold Blake nepřežili a projekt byl ukončen. [9]

Tab. 2.5 Základní parametry AVE Mizar [9].

Rozměry	
Délka:	8,5 m
Výška:	2,6 m
Rozpětí křídel:	11,6 m
Pohony	
1x Continental IO-360-C	210 koní (157 kW)



Obr. 2.5 AVE Mizar na letišti v Oxnardu [10].

2.3 Současný stav

V tomto století vývoj létajících automobilů výrazně pokročil, a to hlavně z důvodu rychlého pokroku v technologiích napájecích baterií, kovových i nekovových materiálů a v autonomním řízení. Proto je v současnosti vyvíjeno velké množství létajících automobilů v mnoha státech světa. Výrobci se zaměřují buďto na vytvoření autonomní taxi dopravy ve velkoměstech, automobilů na rychlou přepravu mezi městy ale také i na zakázky pro armádní vozidla. V této kapitole bude několik z nich podrobně popsáno a přiblížen jejich aktuální stav.

2.3.1 Terrafugia Transition

Firma Terrafugia vznikla roku 2006 jako koníček Carla Dietricha, doktoranda letectví a kosmonautiky na MIT, a jeho týmu. Dietrich už od počátku věděl, že s projektem nemá velkou šanci. Od doby bratrů Wrightových bylo více jak sto pokusů o zkonstruování létajícího automobilu, ale všechny komerčně selhaly. Proto se jeho tým chtěl poučit z chyb předchůdců, například z vozidla Aerocar Moultona Taylora a vyvarovat se jich. První testovací let koncepčního vozidla se uskutečnil 5.3.2009 na mezinárodním letišti Plattsburgh a trval osm minut. [11], [12]

První vozidlo společnosti Terrafugia je dvoumístný létající automobil se skládacími křídly, který je navržen tak, aby vyhovoval předpisům o bezpečnosti na cestách i ve vzduchu. Velikostí se vejde do garáže pro jedno auto a jezdí na prémiový bezolovnatý benzín. Transition je první létající automobil, který dokáže přejít z režimu letu na režim auta za jednu minutu a je navržen tak, že vyhovuje standardům Federálního úřadu pro letectví (FAA). Na rozdíl od malých letadel se dá získat licence na létání s Transition za 20 hodin. [11]

Čtyřkolová konfigurace zabezpečuje vozidlu Transition větší stabilitu při vzletu a přistání, než má tříkolové letadlo. Pro dodatečnou bezpečnost je automobil vybaven padákem pro celou kostru vozidla. Motor umístěný za kabinou pohání hnací hřídel z uhlíkových vláken, která směřuje zpátky k převodovce před zadní vrtulí. V letovém režimu převodovka pohání vrtuli a v režimu auta zabírá s hřídelí, která pohání plynule měnitelný převod, jak je to například u čtyřkolek a sněžných skútrů. Ten se přes řemenový převod připojuje k diferenciálu, který pohání zadní kola. Transition je vybaven čtyřválcovým atmosférickým leteckým motorem Rotax 912 o výkonu 75 kW, který má nejlepší poměr výkonu na hmotnost a nejlepší spotřebu ze všech osvědčených čtyřtákních leteckých motorů. [11]

Ve vzduchu dokáže Transition letět rychlostí 160 km/h při spotřebě 11 l/100 km a doletu 640 km. Na zemi je schopen vyvinout rychlost 110 km/h se spotřebou 6,7 l/100 km a dojezdem 1 290 km. [11]

V roce 2017 byla společnost Terrafugia odkoupena čínským konglomerátem Zhejiang Geely Holding Group, který vlastní také automobilky Volvo a Lotus. V září roku 2018 byl zvolen nový generální ředitel Terrafugia Huaibing Wang a následně Carl Dietrich odešel ze společnosti. V únoru roku 2021 společnost propustila většinu svých zaměstnanců a plánovala ukončení svých operací v USA a přesunutí do Číny. [13]

Tab. 2.6 Základní parametry Terrafugia Transition [11].

Rozměry	Mód automobilu	Mód letadla
Délka:	5,72 m	6,02 m
Šířka:	2,29 m	–
Výška:	2,03 m	1,98 m
Rozpětí křídel:	–	8,08 m
Vlastní hmotnost:	440 kg	440 kg
Max. vzletová hmotnost:	–	649 kg
Výkony		
Rychlost:	110 km/h	160 km/h
Max. rychlost:	–	185 km/h



Obr. 2.6 Transition v módu letadla (vlevo) [11] a automobilu (vpravo) [13].

2.3.2 AeroMobil

Štefan Klein, kterého už v mladém věku zajímala letadla, vystudoval Slovenskou technickou univerzitu v Bratislavě v roce 1983. Poté se rozhodl, že nechce být inženýrem ale návrhářem, a proto studoval na dalších univerzitách, jako například École des Beaux Arts et Design v Saint Étienne. Jeho láska k létání se však pomalu rozvinula, když navrhoval auta pro BMW, Volkswagen a Audi, kde získal potřebné znalosti aby si splnil svůj sen, navrhnout létající automobil. [14]

Na první verzi AeroMobilu začal Klein pracovat už v devadesátých letech ve své diplomové práci. AeroMobil 1.0 měl rozpětí křídel 2,5 m a délku 5 m. Komplexní aerodynamika byla vyřešena v sérii testů v aerodynamickém tunelu, které vedly k závěru, že koncept je plně funkční. Avšak praktické jízdní testy za provozu nevedly k optimálním výsledkům, a to hlavně kvůli celkové šířce modelu. Později vznikl i pokročilejší prototyp AeroMobil 2.0 u kterého Klein představil nové nápady a koncept transformace z módu letadla do módu auta. Klíčovým krokem byla rotace křídla okolo hlavního šroubu křídla. [14], [15]

V roce 2010 našel Štefan Klein investora, Juraje Vaculíka, kterého projekt zaujal. Klein a Vaculík spojili síly a vznikly koncepty AeroMobil 2.5 a AeroMobil 3.0. Firma si u těchto modelů nechala patentovat množství technických řešení a zahlédly ji už i velké firmy jako Boeing a NASA. AeroMobil 3.0 byl převážně postaven z pokročilých kompozitních materiálů a nebyl schopen vertikálního vzletu ani přistání. Poháněn byl motorem Rotax 912S a dosahoval rychlosti 200 km/h ve vzduchu a 150 km/h na zemi. Dolet měl 700 km. [1], [14], [15]

Tento téměř třicetiletý vývoj vedl k představení nového modelu v roce 2017, AeroMobil 4.0. Tento prototyp má pokročilou automobilovou konstrukci vyrobenou z kompozitních materiálů a spojuje funkčnost auta i letadla v jedné flexibilní platformě. Integrovaný karbonový nosník ve středu drží pohonnou jednotku a obsahuje upevňovací mechanismus a ovládací plochy se vztlakovými klapkami. Vozidlo je postaveno na samonosné konstrukci, ocasní plocha obsahuje ovládací prvky létání a geometrii zadního zavěšení. Ultralehká kola umožňují přistání na asfaltu, betonu nebo i trávníku. Interiér AeroMobilu 4.0 je vybaven vyspělými bezpečnostními technologiemi, jakými jsou dvoustupňové airbagy nebo balistické padáky. Poloha sezení pilota a kopilota je stanovena tak, aby byla efektivně rozložena hmotnost. Nastavitelné pedály a hlavní ovládací prvky pro let i jízdu dále zvyšují komfort a bezpečnost. AeroMobil 4.0 má unikátní skleněný kokpit, který je identický s kokpitem klasického letadla. Integrované digitální displeje v kokpitu zobrazují informace o provozu vozidla. Při změně módů, který trvá přibližně 180 sekund, se vrtule zasune zpátky do trupu. [16], [17]

Prototyp je vybaven hybridním pohonem, spojujícím dvoulitrový přeplňovaný čtyřválcový spalovací motor a dva elektromotory. Je poháněn speciálním systémem elektrického pohonu předních kol, který vyvine maximální výkon 82 kW. Motor je během letového režimu spojen s přímo hnanou vrtulí přes adaptivní převodovku. V tomto módu dosahuje výkon 220 kW. Maximální letová rychlost je 360 km/h a rychlost na cestách je 160 km/h. Maximální vzletová hmotnost vozidla je 960 kg, užitečné zatížení 240 kg a objem nádrže je 90 l. [16], [17]

V roce 2016 Klein opustil společnost AeroMobil aby se věnoval aplikovanému výzkumu a designu ve své firmě Klein Vision, kterou založil se svým přítelem a podnikatelem Antonem Zajacem v roce 2017. Spolu začali vyvíjet nový dvoumístný prototyp s názvem AirCar. První let se uskutečnil v říjnu 2020 a v lednu roku 2022 získal certifikaci jako letoun. Aby se mohl začít prodávat, musí ještě získat povolení pro provoz na pozemních komunikacích. V budoucnu má firma Klein Vision v plánu vyrobit také čtyřmístnou verzi, verzi se dvěma motory a obojživelnou verzi AirCar. [14], [18]

Tab. 2.7 Základní parametry AeroMobil 4.0 [16], [17].

Rozměry	Mód automobilu	Mód letadla
Délka:	6,1 m	6,1 m
Šířka:	2,2 m	–
Výška:	1,5 m	1,4 m
Rozpětí křídel:	–	8,8 m
Vlastní hmotnost:	720 kg	720 kg
Max. vzletová hmotnost:	–	960 kg
Výkony		
Rychlost:	160 km/h	260 km/h
Max. rychlost:	–	360 km/h



Obr. 2.7 AeroMobil 4.0 v módu letadla (vlevo) a automobilu (vpravo) [17].

2.3.3 Plane Driven PD-1

PD-1 představil americký vynálezce Trey Johnson poprvé roku 2010 na známé letecké výstavě v Oshkoshi, v státě Wisconsin. Tento stroj není doslova létajícím automobilem, ale spíše pojízdným letadlem. [19]

PD-1 je modifikací letadla Glasair Sportsman se speciálně upraveným podvozkem, pod kterým je kapsle s 60 kW dvouválcovým motorem Yamaha s vlastní nádrží pro jízdu na cestách. Motor je připojen k automatické převodovce se zpětným chodem. Pro létání je využíván motor Lycoming. Kapsle má tvar, který pomáhá minimalizovat aerodynamický vliv přepravy jednoho nečinného motoru během letu. Je v takové poloze, že zachovává původní plohu těžiště letadla i když je v módu automobilu. Pro přechod mezi módy se křídla složí směrem k ocasu a otočí kolmo k zemi. Panty na ocasu vozidla umožní sklopit hroty horizontálního stabilizátoru dovnitř. Přistávací podvozek a kapsle s motorem se vymění posouváním po speciálních kolejnicích. [19], [20]

Další prototyp, PD-2, využívá stejnou kostru letadla jako PD-1. Pro pohon na zemi využívá také kapsuli, ale umístěnou pod ocasem. Tato kapsle má kromě motoru také výsuvné zadní kolo, které je využíváno za jízdy. [21]

Tab. 2.8 Základní parametry PD-1 [19], [20].

Rozměry	
Délka:	7 m
Výška:	2,8 m
Rozpětí křídel:	10,7 m
Vlastní hmotnost:	740 kg
Max. vzletová hmotnost:	1134 kg
Výkony	
Rychlost v módu automobilu:	105 km/h
Rychlost v módu letadla:	225 km/h
Max. rychlost:	241 km/h



Obr. 2.8 Plane Driven PD-1 [19].

3 Legislativa

Létající automobily jsou velkým krokem vpřed ve vývoji osobní dopravy. Předpisy, které musí splňovat jsou ještě ve vývoji, ale v nejpokročilejším stádiu jsou rozpracovány v zemích jako Velká Británie, USA, EU nebo Izrael. V jejich zájmu je vytvoření předpisů, které by platily na celém světě, aby to výrobci nebo spotřebitelé neměli složité. [22]

Pro létající auta je vcelku složité vytvářet předpisy, jelikož se pohybují jak po zemi, tak ve vzduchu. Předpisy pro letadla i automobily už existují, ale neexistují žádné předpisy specificky pro létající auta. Proto jejich výrobci musí většinou získat dvě certifikace.

V roce 2022 získalo AirCar z dílny společnosti Klein Vision osvědčení o letové způsobilosti po více jak 70 hodinách testovacích letů a 200 vzletů a přistání, což jsou normy Evropské agentury pro bezpečnost letectví (EASA). Avšak AirCar potřebuje ještě získat schválení jako silniční vozidlo. Jiným projektem je nizozemský trojkolový PAL-V Liberty, který létá jako vírník. PAL-V byl roku 2022 schválen pro jízdu na evropských cestách a pracuje na certifikaci o letové způsobilosti s EASA. Oba tyto projekty budou mít v blízké době potřebné certifikace a začnou s výrobou vozidel (předpokládané zahájení prodeje v roce 2023). [23], [24], [25]

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo chronologicky zpracovat přehled vývoje létajících automobilů, popsání jejich designu a objasnění některých legislativních otázek.

I když létající automobily vznikly již před více než sto lety, tak se do povědomí široké veřejnosti dostaly až v posledních letech. S pokrokem vědy v oblasti materiálů, pohonů nebo výpočetní techniky je dnes mnohem jednodušší navrhnout a zkonstruovat létající automobil. Létající automobily jsou budoucností osobní dopravy, a to zejména ve velkoměstech, kde budou sloužit jako prostředky hromadné dopravy, které nebudou ucpávat pozemní komunikace a umožní plynulejší dopravu. Druhou variantou budou létající automobily na dlouhé trasy, které nahradí potřebu využití letadla a pronájem vozu v cílové destinaci a zabezpečí majiteli komfortnější cestování.

Jelikož v českém jazyce neexistuje téměř žádná literatura ohledně tohoto tématu, tak mohou čeští čtenáři, kteří se zajímají o létající automobily, využít této práce pro rozšíření obzorů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] RAJASHEKARA, Kaushik, Qingchun WANG a Kouki MATSUSE. Flying Cars: Challenges and Propulsion Strategies. *IEEE Electrification Magazine* [online]. 2016, 4(1), 46-57 [cit. 2022-05-19]. ISSN 2325-5897. Dostupné z: doi:10.1109/MELE.2015.2509901
- [2] PAN, Gaofeng a Mohamed-Slim ALOUINI. Flying Car Transportation System: Advances, Techniques, and Challenges. *IEEE Access* [online]. 2021, 9(1), 24586-24603 [cit. 2022-05-19]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2021.3056798
- [3] WARTOJO, Bintang Samodro a Mohammad ADHITYA. Folded wing mechanism for flying car. In: *[Folded wing mechanism for flying car]* [online]. Padang (Indonesia): American Institute of Physics, 2020, 2020, s. 020034- [cit. 2022-05-19]. ISBN 9780735419865. ISSN 1551-7616. Dostupné z: doi:10.1063/5.0003757
- [4] Audi, Italdesign and Airbus combine self-driving car and passenger drone [online]. Audi MediaCenter, 2018 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/press-releases/audi-italdesign-and-airbus-combine-self-driving-car-and-passenger-drone-9900>
- [5] Autogiro Company of America AC-35 [online]. Smithsonian National Air and Space Museum, 2010 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20100408154713/http://www.nasm.si.edu/collections/artifact.cfm?id=A19500086000>
- [6] Fulton Airphibian FA-3-101 [online]. Smithsonian National Air and Space Museum, 2012 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20120810082847/https://airandspace.si.edu/collections/artifact.cfm?id=A19600127000>
- [7] 1949 Taylor Aerocar - N4994P [online]. EAA Aviation Museum [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.eaa.org/eaamuseum/museum-collection/aircraft-collection-folder/1949-taylor-aerocar---n4994p>
- [8] Piasecki PA-59H [online]. Piasecki Aircraft, 2012 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: https://archive.ph/20120908194159/http://www.piasecki.com/geeps_pa59h.php
- [9] AVE Mizar [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://en-academic.com/dic.nsf/enwiki/470358>
- [10] AVE (Advanced Vehicle Engineers Inc.) Mizar [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <http://all-aero.com/index.php/44-planes-a-b-c/1152-ave-advanced-vehicle-engineers-inc-mizar>
- [11] TERRAFUGIA, Flying cars. Seriously. [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://wefunder.com/terrafugia>
- [12] FOEGE, Alec. The car of the future: It flies [online]. CNN Money, 2008 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: https://money.cnn.com/2008/12/02/smallbusiness/flying_car.fsb/index.htm
- [13] TEGLER, Eric. Mass Layoffs Said To Hit Terrafugia Weeks After Its Flying Car Was FAA-Approved [online]. Forbes, 2021 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/erictegler/2021/02/16/mass-layoffs-said-to-hit-terrafugia-weeks-after-its-flying-car-was-faa-approved/?sh=474d4afb2b3a>
- [14] History [online]. Klein Vision [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.klein-vision.com/history>
- [15] The Journey From The Home Garage To The Sky [online]. 2019 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.visitbratislava.com/convention-news/the-journey-from-the-home-garage-to-the-sky/>

- [16] *AeroMobil 4.0 Flying Car* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.aerospace-technology.com/projects/aeromobil-4-0-flying-car/>
- [17] VYDRA, Jozef. *AeroMobil 4.0 vyrazil dych – cenou aj spracovaním* [online]. 2017 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://podkapotou.zoznam.sk/cl/1000632/1624299/AeroMobil-4-0-vyrazil-dych---cenou-aj-spracovanim>
- [18] PHELPS, Mark. *AirCar Notches Slovakian Airworthiness Certification* [online]. 2022 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.avweb.com/aviation-news/aircar-notches-slovakian-airworthiness-certification/>
- [19] *Plane Driven's "Roadable" Glasair* [online]. 2010 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.avweb.com/news/plane-driven-roadable-glasair/>
- [20] *Company Moves On Transformative Roadable Glasair* [online]. 2010 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.avweb.com/news/company-moves-on-transformative-roadable-glasair/>
- [21] *Plane Driven roadable aircraft hits the streets, oddly* [online]. 2012 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://autos.yahoo.com/blogs/motoramic/plane-driven-roadable-aircraft-hits-streets-oddly-214828456.html>
- [22] *Flying car regulations* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://european-flying-car-association.org/10-general/6-flying-cars-commercialization-and-regulations-in-europe>
- [23] MALÍŠKA, Roman. *Slovenské lietajúce auto AirCar získalo certifikát o letovej spôsobilosti* [online]. 2022 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://techpedia.ta3.com/technologie-pre-ludi/novinky/doprava-a-preprava/10019/slovenske-lietajuce-auto-aircar-ziskalo-certifikat-o-letovej-sposobilosti>
- [24] *Flying car wins airworthiness certification* [online]. BBC, 2022 [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/technology-60072194>
- [25] *World's First Flying Car Hits The Road* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.pal-v.com/en/press/worlds-first-flying-car-hits-the-road>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

VTOL	Vertical Take-Off and Landing
VTHL	Vertical Take-Off and Horizontal Landing
HTVL	Horizontal Take-Off and Vertical Landing
HTOL	Horizontal Take-Off and Landing
USA	Spojené státy americké (United States of America)
EU	Evropská unie (European Union)
NASA	Národní úřad pro letectví a vesmír (National Aeronautics and Space Administration)
EASA	Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví (European Union Aviation Safety Agency)
APU	Přídavná napájecí jednotka (Auxiliary Power Unit)
ACA	Autogiro Company of America
CAA	Úřad civilního letectva (Civil Aviation Administration)
FAA	Federální úřad pro letectví (Federal Aviation Administration)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Zjednodušený hnací systém [1].....	16
Obr. 1.2 Hybridní pohon s elektrickým motorem pro jízdu na zemi [1].....	16
Obr. 1.3 Hnací systém s elektrickými motory pohánějícími kola a vrtule [1].....	17
Obr. 1.4 Hnací systém s naklápěcími rotory [1].....	17
Obr. 1.5 Čistě elektrický hnací systém [1].....	18
Obr. 1.6 Vodíkový hnací systém [1].....	18
Obr. 2.1 AC-35 se sklopenými listy rotoru [5].....	21
Obr. 2.2 Fulton Airphibian [6].....	22
Obr. 2.3 Taylor Aerocar [7].....	23
Obr. 2.4 Piasecki VZ-8P (B) AirGeep [8].....	24
Obr. 2.5 AVE Mizar na letišti v Oxnardu [10].....	25
Obr. 2.6 Transition v módu letadla (vlevo) [11] a automobilu (vpravo) [13].....	27
Obr. 2.7 AeroMobil 4.0 v módu letadla (vlevo) a automobilu (vpravo) [17].....	28
Obr. 2.8 Plane Driven PD-1 [19].....	29

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Porovnání jednotlivých módů vzletu a přistání [2].....	14
Tab. 2.1 Základní parametry AC-35 [5].....	20
Tab. 2.2 Základní parametry Fulton Airphibian [6].....	21
Tab. 2.3 Základní parametry Aerocar [7].....	23
Tab. 2.4 Základní parametry Piasecki VZ-8P (B) AirGeep [8].....	24
Tab. 2.5 Základní parametry AVE Mizar [9].....	25
Tab. 2.6 Základní parametry Terrafugia Transition [11].....	26
Tab. 2.7 Základní parametry AeroMobil 4.0 [16], [17].....	28
Tab. 2.8 Základní parametry PD-1 [19], [20].....	29