ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA DOPRAVNÍ

SVOBODA JAROSLAV

Návrh výcvikového programu pro piloty UAV Training Program Proposal for UAV Pilots

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621..... **Ústav letecké dopravy**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jaroslav Svoboda

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Návrh výcvikového programu pro piloty UAV**

Název tématu (anglicky): Training Program Proposal for UAV Pilots

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Popis a rozdělení UAV
- Regulace a předpisy
- Specifikace licencí
- Podmínky pro poskytování výcviku a návrh výcvikového programu

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Karas J., T. Tichý. Drony. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.

Fahlstrom P., T. Gleason. Introduction to UAV Systems. West Sussex: Wiley, 2012. ISBN 978-1-119-97866-4.

Předpis L-2, Doplněk X, Bezpilotní systémy.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D.**

Ing. David Hůlek

Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2018**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **30. listopadu 2018**

a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L. S.

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jaroslav Svoboda
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 1. října 2018

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Především pak vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Davidu Hůlkovi za odborné vedení mé práce a za cenné rady a připomínky. Dále pak panu Ing. Michalu Markovičovi za navrhnutí vypracování tohoto tématu práce. V neposlední řadě děkuji panu Ing. Ladislavu Kellerovi za připomínky a poskytnuté materiály, které byly použity při tvorbě výcvikové osnovy a také děkuji společnosti Dronim za nasbírané zkušenosti s bezpilotním systémem.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 27. srpna 2018

Abstrakt

V této práci bylo mým cílem navrhnout výcvikový program pro piloty bezpilotních systémů. Vytvořil jsem návrh teoretické i praktické náplně výuky, která by měla vést k úspěšně složené závěrečné zkoušce na Úřadu pro civilní letectví. Cílem bakalářské práce je sjednotit výcvikovou osnovu, která by mohla být schválena Úřadem civilního letectví a řídili se podle ní všechny letecké školy poskytující výcvik pilotů bezpilotních letadel.

Klíčová slova

UAV, Bezpilotní systém, Bezpilotní letadlo, pilot, návrh, výcvik, výcviková osnova, ÚCL

Abstract

In this thesis my goal was to propose a training program for pilots of unmanned aerial vehicle. I created proposal of theoretical and practical content of the training, which should lead to succesful passing an exam at civil aviation authority. The goal of this bachelor thesis is to unify the training curriculum, which could be approved by civil aviation authority. After approval all flight schools could use this training program for its own training.

Key words

UAV, Unmanned Aerial System, Unmanned Vehicle, Pilot, Proposal, Training, Training Program, CAA

Obsah

Seznam použitých zkratek 7
8
1. Bezpilotní systémy 9
1.1 Historie 9
1.2 Rozdělení 12
1.3 Komerční bezpilotní systémy 12
1.3.1 Multikoptéry 13
1.3.2 Bezpilotní letouny 15
1.3.3 Samokřídla 15
1.4 Využití bezpilotních systémů 16
1.4.1 Využití leteckých fotografií 18
1.4.2 Využití leteckých videí 18
1.5 Části multikoptéry 18
1.6 Předletová příprava a letání 24
2. Regulace a předpisy 30
2.1 Legislativa v České republice 30
2.2 Doplněk X 30
2.3 Výtah z předpisu L2 - Doplněk X 31
2.4 Jak získat licenci a jejich specifikace 35
3. Návrh výcvikového programu 38
3.1 Rozvrh výcvikového programu 38
3.2 Teoretický výcvik 38
3.2.1 Rozpis výuky 39
3.3 Praktický výcvik 48
3.3.1 Základní letové manévry 49
3.3.2 Kombinované letové manévry 53
3.4 Shrnutí 56
4. Výhled předpisů do budoucna 57
59
Bibliografické odkazy 60

Seznam použitých zkratek

Letištní letová informační služba	AFIS	Aerodrome flight information service
Letecká informační příručka	AIP	Aeronautical information publication
Letištní provozní zóna	ATZ	Aerodrome traffic zone
Plán využití vzdušného prostoru	AUP	Airspace use plan
Řízený okrsek	CTR	Control zone
Pohled z první osoby	FPV	First person view
Globální navigační systém	GPS	Global positioning system
Pravidla pro let podle přístrojů	IFR	Instrument flight rules
Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů	IMC	Instrument meteorological conditions
Letové provozní služby	LPS	Air traffic services
Pravidelná letištní zpráva	METAR	Aerodrome routine meteorological report
Maximální vzletová hmotnost	MTOM	Maximum take-off mass
Informace o zřízení, stavu nebo změně kteréhokoli leteckého zařízení, služby nebo postupů, nebo o nebezpečí	NOTAM	A notice distributed by means of telecommunication containing information concerning the establishment, condition or change in any aeronautical facility, service, procedure or hazard, the timely knowledge of which is essential to personnel concerning with flight operations
Letištní předpověď	TAF	Aerodrome forecast
Koncová řízená oblast	TMA	Terminal control area
Dočasně rezervovaný vzdušný prostor	TRA	Temporary reserved airspace
Dočasně vyhrazený vzdušný prostor	TSA	Temporary reserved airspace
Bezpilotní letadlo, bezpilotní prostředek	UAV	Unmanned aerial vehicle
Úřad pro civilní letectví	ÚCL	Civil aviation authority
Pravidla pro let za viditelnosti	VFR	Visual flight rules
Meteorologické podmínky pro let za viditelnosti	VMC	Visual meteorological conditions

Úvod

Bezpilotní systémy jsou systémy, které mohou být řízeny na dálku nebo jsou schopny létat samostatně podle naprogramovaných tras a patří jim budoucnost létání. Jejich oblíbenost velmi rychle roste jak ve vojenském, tak civilním průmyslu. V armádě se bezpilotní systémy používají k průzkumným i bojovým účelům. Své místo mají také v civilním komerčním i rekreačním využití, jako je například mapování terénu, doručení zásilek, ostraha objektů, hlášení požárů nebo živé televizní přenosy.

S přibývajícími bezpilotními systémy, přibývá také pilotů, kteří neprošli kvalitním výcvikem a ani přezkoušení na Úřadu pro civilní letectví. Zavedení povinného výcviku pilotů bezpilotních systémů podle jednotné osnovy by se zvýšila bezpečnost a zmenšil by se počet těchto incidentů a bezpilotní létání by tak dostalo svůj řád. Cílem této práce je navrhnout ucelený výcvikový program pro piloty bezpilotních systémů, protože takový zatím v České republice chybí. Osnova obsahuje teoretickou část, kde se student učí o bezpilotních systémech, legislativě provozu, meteorologii apod. V praktické části se budoucí pilot seznámí se základními letovými prvky, které by ho měly perfektně připravit na závěrečnou zkoušku na ÚCL.

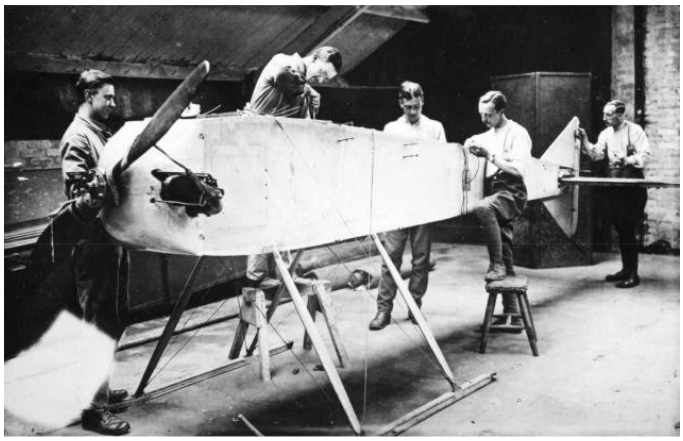
S bezpilotními systémy se může létat manuálně nebo automaticky podle naprogramované trasy. V tomto výcvikovém programu se student naučí pilotovat multikoptéru manuálně v GPS a ATTI módu. Výcvik začíná teoretickou výukou v učebně, která trvá dva dny a pokračuje praktickým výcvikem s multikoptérou. Výcvik je inspirován profesionálním kurzem pro piloty bezpilotních systémů společnosti Dron Academy, která má s výcvikem pilotů velké zkušenosti a koncepce tohoto výcvikového programu je vyzkoušena na desítkách pilotů. Osnova je tedy jednoduchá, avšak obsahuje vše co budoucí pilot potřebuje k bezpečnému létání a k úspěšnému zvládnutí závěrečných zkoušek.

1. Bezpilotní systémy

1.1 Historie

Historie bezpilotních systémů sahá až do 40. let 19. století. Již v roce 1849 shazovaly bezpilotní horkovzdušné balony výbušniny na Benátky při útoku Rakousko-Uherska. O necelých 40 let později v roce 1898 si známý vynálezce Nicola Tesla nechal patentovat dálkové ovládání motorové loďky na vodě, tzv. teleautomatizaci, a už tehdy prý uvažoval o sestrojení bezpilotního leteckého systému. [4]

Udává se, že první bezpilotní letadlo vynalezl v Anglii roku 1916 inženýr Archibald Montgomery. Vzhledem k tomu, že bylo testováno až v roce 1917, je toto mínění velice sporné (jelikož se i Američanům podařilo tohoto roku dostat do oblak bezpilotní letadlo). Letadlo neslo název Aerial Target, což lze přeložit jako Vzdušný Cíl a byl zkonstruován jako obrana proti Zeppelinům. [5]



Ilustrace 1: UAV Aerial Target ve výrobě [22]

Před 100 lety byli také v Americe svědky jednoho z prvních bezpilotních letounů. Roku 1917 ho totiž Američané po letech testování úspěšně přivedli do provozu. Byl vytvořen z hydroplánu a jeho první let měřil úctyhodných 40 km. Během 1. světové války měl Američanům sloužit jako ničitel německých ponorek. Prototypy startovaly buď z kolejnic, nebo z jedoucího automobilu. Letoun unesl náklad o hmotnosti 450 kg na vzdálenost až 80 km a dokázal letět rychlostí až 145 km/h, avšak přesnost zásahu z výšky 3 km nebylo příliš velká. Bezpilotní systémy se také používaly jako terče pro cvičení střelby na letící objekty.

Pro britské námořnictvo sloužilo například letadlo nesoucí přezdívku Včelí královna. V Americe využívala armáda takzvané Ryanovy ohnivé včely, které sloužily k výcviku pilotů na řízené střely. [1]

Další bezpilotní systém, který stojí z historického hlediska za zmínku, je první hromadně používaná střela s plochou dráhou letu na světě. Jedná se o něměckou střelu poháněnou pulzačním motorem a řízenou jednoduchým autopilotem s názvem V-1 / Fi 103. Němci začli na V1 pracovat v květnu roku 1942 a již v prosinci téhož roku vzlétl první prototyp. Avšak k prvnímu nasazení V1 došlo až v roce 1944, kdy byla odpálena na Londýn a do konce druhé světové války němci vypustili dohromady 20 000 střel. Letoun byl z celokovové konstrukce ve tvaru připomínající doutník s rozpětím křídel 4,87m. Start V1 probíhal z pneumatického katapultu, který jí udělil rychlost 320 km/h a poté ji její motor urychlil až na 565 km/h. Let probíhal ve výšce maximálně 2 km, a když letoun překonal nastavenou délku letu, uzavřel se mu přívod paliva, zablokovala se kormidla, vysunuly se spoilery a po klesnutí rychlosti na pádovou rychlost začal mířit k zemi, kde hlavice střely vybouchla. [35]

Ilustrace 2: V1 / Fi 103 [36]

První průzkumné bezpilotní systémy se začaly využívat začátkem 60. let a jedna z největších vojenských akcí té doby byla prozkoumávání nepřátelských území ve Vietnamu. Poté se skvěle uplatnily pří konfliktu v Bosně a Kosovu v 90. letech. Hlavním smyslem vývoje průzkumných bezpilotních systémů bylo monitorování nebezpečných území, aby se zamezilo případných ztrát lidských životů, které by mohly nastat při klasické průzkumné akci letounu s piloty na palubě. Jeden z nejznámějších vojenských bezpilotních letounů je americký MQ-1 Predator, jež byl použit během hledání Usámy Bin Ládina. Po útoku 11. září a World Trade Center se dron modifikoval a vznikla ozbrojená verze s řízenými střelami. Od té doby se bezpilotní systémy začaly více a více využívat v konfliktech v Afghánistánu, Iráku, apod. V České republice je nejznámějším průzkumným bezpilotním systémem Sojka III, který už je bohužel od roku 2010 k vidění pouze v muzeu. [1]

Ilustrace 3: Sojka III [23]

Bezpilotní systémy byly vždy jen otázkou válečných misí a konfliktů a díky nim jejich vývoj tak rapidně rostl. Dnes si už svůj komerční bezpilotní systém může koupit skoro každý, ať už pro focení krajiny, natáčení sportovních akcí, mapování terénu, nebo jen tak pro zábavu. [1]

1.2 Rozdělení

Definice jsou doslovně převzaté z Doplňku X. [17]

- **Autonomní letadlo -** *Bezpilotní letadlo, které neumožňuje zásah pilota do řízení letu.*

- **Bezpilotní letadlo (UA) -** *Letadlo určené k provozu bez pilota na palubě.*
  (Pozn. V mezinárodním kontextu se jedná o nadřazenou kategorii dálkově řízených letadel, autonomních letadel i modelů letadel; pro účely tohoto doplňku se bezpilotním letadlem rozumí všechna bezpilotní letadla kromě modelů letadel s maximální vzletovou hmotností nepřesahující 25 kg)

- **Bezpilotní systém (UAS) -** *Systém skládající se z bezpilotního letadla, řídicí stanice a jakéhokoliv dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, jako například komunikačního spojení a zařízení pro vypuštění a návrat. Bezpilotních letadel, řídicích stanic nebo zařízení pro vypuštění a návrat může být v rámci bezpilotního systému více.*

- **Model letadla -** *Letadlo, které není schopné nést člověka na palubě, je používané pro soutěžní, sportovní nebo rekreační účely, není vybaveno žádným zařízením umožňujícím automatický let na zvolené místo, a které, v případě volného modelu, není dálkově řízeno jinak, než za účelem ukončení letu nebo které, v případě dálkově řízeného modelu, je po celou dobu letu pomocí vysílače přímo řízené pilotem v jeho vizuálním dohledu.*

1.3 Komerční bezpilotní systémy

Komerční bezpilotní systémy lze dělit do různých kategorií, avšak je nejprve musíme rozdělit na systémy pro zábavu a profesionální (komerční) účely. Bezpilotní systémy pro zábavu jsou určeny pro běžné uživatele, kteří nepotřebují lepší pokročilé funkce, kterými disponují právě systémy pro profesionály a vyžadují mnohem více zkušeností. Liší především hmotností, velikostí, materiálem, ze kterého je zhotoven, multifunkčností a samozřejmě v ceně. Na rozdíl do amatérských bezpilotních systémů je u těch profesionálních možné spojení více senzorů, což znamená, že může být ovládaný více osobami. Pilot ovládá pohyb letadla a operátor ovládá například pohyb kamerového závěsu a to nezávisle na pilotovi. Bezpilotní systémy můžeme dělit dle velikosti, váhy, druhu pohonu, nosnosti, apod. [2] [7]

Hlavní rozdělení komerčních bezpilotních systémů je však takto:

- multikoptéry
- bezpilotní letouny
- samokřídla
- vrtulníky
- vzducholodě
- balóny

1.3.1 Multikoptéry

Multikoptéry jsou schopny kolmého vzletu a přistání díky vrtulím, jejichž počet se liší podle druhu.

Dělí se podle počtu vrtulí nejčastěji na:

- kvadrokoptéra (4 vrtule)
- hexakoptéra (6 vrtulí)
- oktokoptéra (8 vrtulí)

Existují však multikoptéry i například se 2 či 3 vrtulemi, u těchto typů však hrozí vyšší nebezpečí v případě vysazení jedné z pohonných jednotek, protože je v takovém případě nelze ovládat. Sousední vrtule se otáčejí opačným směrem a čím je jejich počet vyšší, tím roste také výkon a stabilita multikoptéry. Létání s multikoptérou je tedy pohodlné, přistání velmi přesné a nevyžaduje tak náročný trénink, jelikož můžete přistát v podstatě kdekoliv. Za nevýhodu lze považovat kratší dobu ve vzduchu způsobenou větší hmotností, náročnějším pohybem a nizkou kapacitu elektrických baterií. [1]

Ilustrace 4: Kvadrokoptéra [27]

1.3.2 Bezpilotní letouny

Tyto bezpilotní systémy vycházejí z vojenských bezpilotních letounů. Mají podobný vzhled a také se používají pouze k monitorování a mapování. Disponují větší výdrží ve vzduchu, což je pro jejich účely vhodné. K mapování slouží většinou fixní nebo otočný fotoaparát, který zaznamenává letecké snímky. Ke startu můžeme využít odpalovací rampu nebo hod z ruky, kde je motor zapnutý už před odhozením. Většinou tyto letouny létají automaticky podle předem určeného letového plánu s danou výškou a trasou, které se nahrají do dronu bezdrátově. [6]

Ilustrace 5: Americký vojenský bezpilotní letoun MQ 9 Reaper [28]

1.3.3 Samokřídla

Křídlo je specifický druh bezpilotního letounu a jejich název vznikl podle jejich vzhledu. Vzlet a ovládání je stejné jako u bezpilotních letounů. Rozdíl je pouze ve vzhledu a hmotnosti. Křídlo je tvořeno většinou z uhlíkových vláken, což zaručuje jeho menší hmotnost. Oproti multikoptérám mají letouny využití přdevším u profesionálních pilotů, pro veřejnost se tedy moc nevyrábí a také by se cena pohybovala ještě výš než u multikoptér pro rekreační uživatele. [1]

Ilustrace 6: Samokřídlo [29]

1.4 Využití bezpilotních systémů

V dnešní době je nespočet možností jak bezpilotní systém využít k nějaké praktické činnosti či aktivitě. Když se zaptáme libovolné osoby, který se v této problematice tolik neorientuje, k čemu bezpilotní systémy slouží, tak většinou odpoví buď pro zábavu anebo pro vojenské účely. Tato odpověď je samozřejmě správná, avšak vzhledem k možnostem, které tyto systémy představují, velmi stručná. Konkrétní příklady jejich využití mohou být taková: [9]

Záchranné služby

- průzkum oblastí postižených pohromou
- pátrání po nezvěstných osobách
- hlášení požáru
- přeprava léků a potravin

Bezpečnostní služby

- pronásledování a vyhledávání osob a vozidel
- ostraha objektů

Logistika

- přeprava zásilek

Zemědělství

- chemické ošetření plodin
- sledování zvěře a přítomnost pytláků

Média a komunikace

- reklamní přelety
- filmování a fotografování

Zábava

- závody a akrobacie
- průzkum okolí
- filmování a fotografování

Ilustrace 7: Doručení zásilky bezpilotním systémem [30]

1.4.1 Využití leteckých fotografií

Letecké snímky z bezpilotních systémů mají své využití například ve fotografování přírody, památek, areálů, měst, různých akcí, panoramat nebo virtuálních přehlídek. Dokáží také dokumentovat průběhy staveb anebo snímkovat v určité časové periodě. [2] [11]

1.4.2 Využití leteckých videí

U leteckých videí je využití velmi podobné jako u fotografií. Vedle natáčení dokumentárních videoklipů, reklam a videí z přírody či památek, je letecké video skvělým pomocníkem při online streamování obrazu nebo u televizních přímých přenosů. Za výhodu lze také považovat fakt, že po nahrání videa, které se dá dnes pořídit ve Full HD rozlišení, se dá klip rozstříhat také na kvalitní fotky a můžeme si vybrat přesně ten okamžik, který chceme. [2] [11]

1.5 Části multikoptéry

Zde se budeme podrobněji věnovat konstrukci a součástem multikoptéry, jelikož se jedná o nejčastějšího zástupce komerčních bezpilotních systémů. Často si ji i amatérští nadšenci sami konstruují doma a z konstrukčního hlediska je zajímavější než bezpilotní letadlo čí samokřídlo. Pokud si bezpilotní systém koupíme v obchodě, měl by být součástí balení podrobný manuál, s návodem jak multikoptéru zapojit a uvést do chodu společně se schématem elektroinstalace. [1] [2]

Mezi základní součásti multikoptéry patří:

- Ramena
- Kryt
- Vrtule
- Podvozek
- Motory
- Dálkové ovládání
- Baterie
- Gimbal
- GPS

Ramena

Slouží k uchycení pohonných jednotek a spojují motor a základní celek multikoptéry. Hlavními požadavky jsou hmotnost, mechanické vlastnosti a symetričnost ramen a soustředění tak celkové hmotnosti do geometrického středu multikoptéry pro zachování letové stability. Nejčastěji se vyrábí z kompozitních materiálů jako jsou uhlíková vlákna nebo slitiny hliníku a ušlechtilých kovů. [1]

Tělo

Je to první součást, které si na první pohled u multikoptéry všimneme, protože stojí za celkovým vzhledem multikoptéry. Avšak plní mnohem důležitější funkce jako je ochrana elektronických a mechanických součástí a také dokáže zlepšit aerodynamiku multikoptéry. [1]

Vrtule

Stejně jako u letounů, i multikoptérám slouží vrtule jako pohonná jednotka. Z aerodynamiky víme, že vrtule slouží k přeměně rotačního pohybu na tah nebo naopak. Při rotaci vrtule na ni působí aerodynamická síla v důsledků rozdílu tlaků vzniklých obtékáním vzduchu profilu vrtule. Vrtule multikoptéry jsou konstruovány tak, že každá sousední vrtule se otáčí proti směru té vedle ní a společně tak dokáží udržet multikoptéru stabilní bez pilotova zásahu do řízení. Vrtule se vyrábí z různých materiálů jako je plast, dřevo, kompozit, uhlíková vlákna či slitiny hliníku. [1]

Ilustrace 8: Pravotočivá a levotočivá vrtule [31]

Podvozek

Podvozek se používá spíše u těžších multikoptér s podvěsnou kamerou, aby se zamezilo kontaktu kamery se zemí. Dělí se na pevné a polohovací a jejich užití se liší podle účelu, konstrukce systému a také ceny. Multikoptéra většinou využívá podvozkové nohy ve tvaru "T". Pevné se používají jen pokud letadlo nenese kameru, která dokáže snímat celých 360°, aby nepřekážel ve výhledu kamery. [1]

Motory

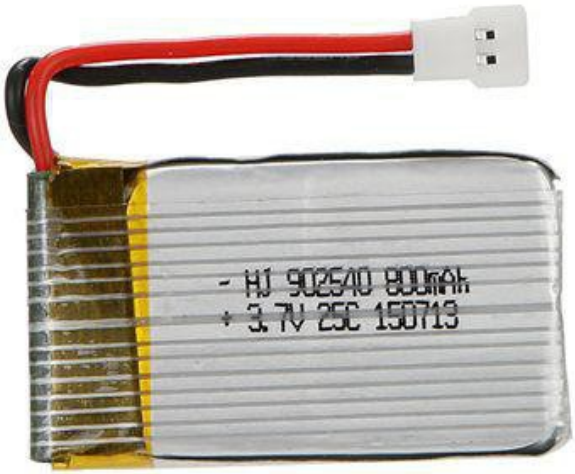
Motor je zařízení, které pohání vrtule a tím pádem i celou multikoptéru. U multikoptér se nejčastěji používají stejnosměrné bezkomutátorové elektromotory a mohou nabývat různých velikostí. Jsou oblíbené díky jednoduché údržbě a konstrukci, nízkým vibracím a nedochází u nich k uvolňování spalin paliva. U elektromotorů platí, že čím větší máme multikoptéru, tím větší musíme použít motor pro dosažení dostačujícího tahu a otáček. Pokud chceme ale použít větší elektromotor, musíme také zvětšit kapacitu baterie a velikost napětí, které motor pohání. [37]

Dálkové ovládání

K řízení multikoptéry se obvykle používá dálkové ovládaní neboli vysílač, který obsahuje různé ovládací prvky, jež každý má přiděleny své povely, podle kterých se letadlo pohybuje. Vysílač s přijímačem jsou spolu spárovány a přenos mezi nimi je většinou přenášen pomocí elektromagnetické vlny s kmitočtem 2,4 Ghz. [1]

Baterie

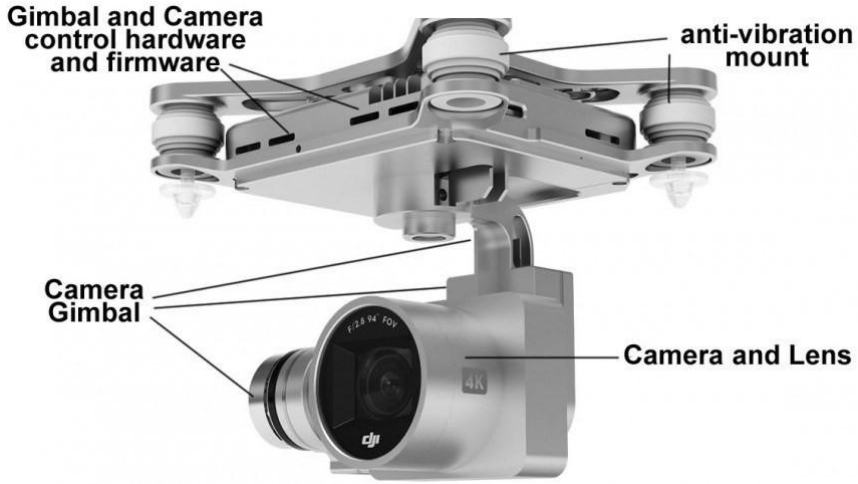
Zmínili jsme se už o pohonných jednotkách (motorech), na kterých jsou pevně přidělané vrtule a díky nim se multikoptéra může ve vzduchu snadno pohybovat. Motory musí ale někde brát palivo, v tomto případě energii, která pohání samotné motory. U komerčních bezpilotních systémů se používají lithium polymerové baterie (Li-Pol). Tyto baterie se díky vysoké koncentraci elektrického náboje a nízké hmotnosti skvěle hodí právě pro multikoptéry, avšak si na ně musíme připravit větší peněžní obnos. Li-Pol baterie se skládá většinou z několika lithium polymerových článků (běžný počet od dvou do 6), kde každý z nich má nejlepší pracovní rozmezí mezi 3,2 V až 4,23 V a mohou mít proud až 250 A. Baterie jsou náchylné na příliš nízké i vysoké teploty a pokud se stane, že se baterie zapáchá a nafoukne se, znamená to, že je nefunkční a je potřeba buď vyměnit některý z poškozených článků, nebo raději koupit novou. [37]



Ilustrace 9: Li-Pol baterie [32]

Gimbal

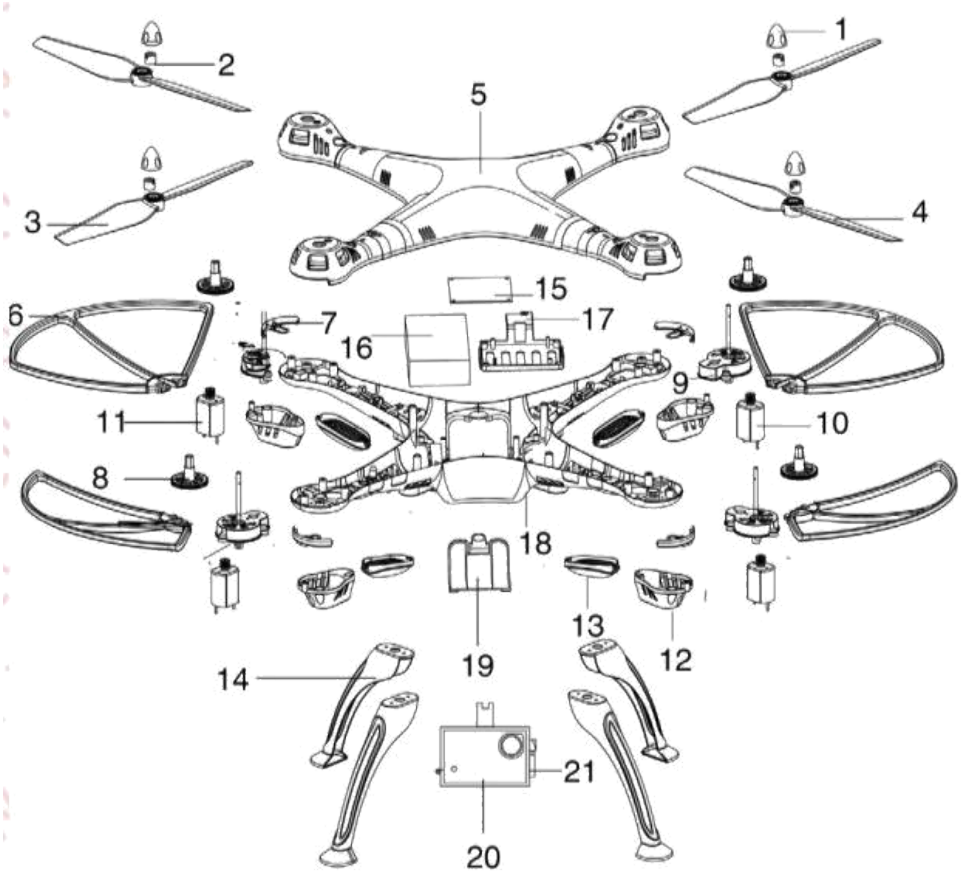
Gimbal je stabilizační zařízení umístěné většinou na spodní straně multikoptéry, které má za úkol stabilizovat pohyb systémů jako jsou fotoaparát nebo kamera. Gimbal je v podstatě synonymum pro Kardanův závěs, což je zařízení, které poprvé podrobně popsal italský vědec G. Cardan, umožňující zavěšenému objektu pohyb ve všech třech osách. Známe ho také u zavěšení gyroskopů, kompasů, lodního chronometru či u leteckých přístrojů. Díky gimbalu můžeme nahrávat ostrý kvalitní záznam ve vodorovné poloze a navíc bez nežádoucích vibrací a otřesu, které mohou během letu nastat vlivem větru či otáčkami motoru. [11] [12]



Ilustrace 10: Gimbal [33]

GPS

Global Positioning System je známý polohovací systém, který dokáže určit přesnou polohu a čas na zemi i nad ní. Skládá se ze tří segmentů: kosmický, řídící a uživatelský (přijímač). Chyba GPS může dosahuje až k 15ti metrům, což po korekci pozice společně s tzv. inerciální jednotkou zmenší chybu až na několik centimetrů. [16]



Ilustrace 11: Části multikoptéry [25]

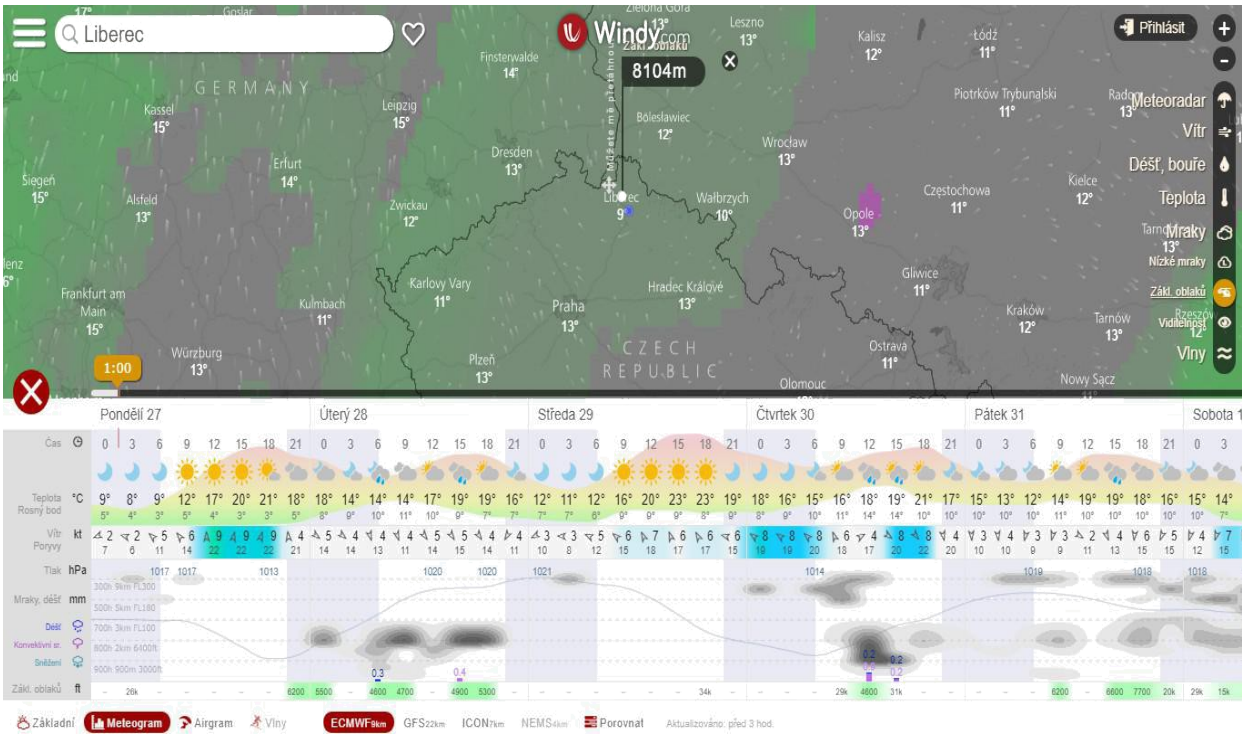
1. Krytka vrtule
2. Zámek vrtule
3. Vrtule
4. Vrtule
5. Vrchní díl těla UAV
6. Ochranný rám
7. Krytka
8. Část převodovky
9. Hlavní stojan
10. Motor
11. Motor
12. Kryt motoru
13. LED světla
14. Podvozek
15. Deska přijímače
16. Baterie
17. Základní deska přijímače
18. Spodní díl těla UAV
19. Kryt baterie
20. Kamera
21. Držák kamery

1.6 Předletová příprava a letání

Než se svým bezpilotním systémem vzlétneme, nesmíme zapomínat na důležitou věc a tou je předletová příprava, která se skládá z několika kroků a je neméně důležitá jako u létání s opravdovými letouny nebo utralehkými letouny. S plánováním našeho letu bychom měli začít ještě doma, než se vydáme na místo vzletu. Některé bezpilotní systémy jsou vybaveny tzv. checklistem už od výrobce a ten nám pomůže s veškerou předletovou přípravou. Pokud takový checklist nemáme, můžeme se řídit následujícími body. [13]

Výběr místa a kontrola počasí

Zvolit vhodné místo pro létání je velice důležité. Měli bychom dobře znát a nastudovat okolí místa, kde se budeme s letadlem pohybovat, například rozmístění překážek, které by měly být vždy v dohledu, pohyb osob a zvěře, bezpečné místo vzletu a přistání a také vybrat alternativní místo pro přistání. Ke studiu vybrané lokality lze využít také letecké mapy nebo internetové mapy, kde můžeme podrobně prozkoumat okolí. Zjistíme tak i hustotu staveb, které mohou ohrozit náš let jak pozičně, tak i výškově. Pomocí aplikace AisView na ŘLP je dobré zkontrolovat vzdušný prostor a ujistit se, že na nás ve vzduchu i na zemi nečíhá nějaké omezení, a to nejpozději den před letem. Pokud máme tyto kontroly za sebou, můžeme pokračovat s předpovědí počasí. S bezpilotnímy systémy se létá především pro zábavu a pro účely foto a video dokumentace, první co pilota zajímá, je skvělá viditelnost a dohlednost, abyc mohl mít bezpilotní systém co nejlépe a nejdále v dohledu a aby záběry z ptačí perspektivy byly povedené. Pilot si musí dát také pozor na silný vítr, který může negativně ovlivnit vlastnosti letu a stabilitu. Vedle větru je potřeba zkontrolovat také stav srážek, oblačnosti a teploty vzduchu. Nejpřesněji lze počasí předpovědět také nejpozději den před letem a to z několika zdrojů najednou a udělat si tak svůj vlastní závěr, jestli let plánovat nebo to nechat na jindy. Jedna z kvalitních aplikací, která má celkem vysokou přesnost předpovědí, je Windyty. Aplikaci si můžeme také stáhnout do svého smartphonu a mít ji tak stále při sobě. [13] [2]



Ilustrace 12: Aplikace pro předpověď počasí Windyty [34]

Kontrola nabití

Bez plně nabitých baterií v bezpilotním systému a ovladači bychom jen těžko s dronem někam dolétli, proto je třeba mít i toto na paměti a nevyrážet na místo letu bez nabitých baterií, popřípadě i s náhradními. Jak už je zmíněno v kapitole o bateriích dronů, baterie jsou citlivé na zimu a horko a pokud se nafoukne a zapáchá, musí se ihned vyměnit za novou. Proto je důležité stav baterií neustále kontrolovat a mít jich více než jednu nebo větší počet než je počet plánovaných letů. [2]

Máme vše důležité s sebou?

Než se vydáme na cestu k místu určení, ujistíme se, že jsme si s sebou zabalili vše potřebné: dron, vrtule, baterie, kabeláž, tablet nebo smartphone, SD kartu, mapy, gimbal, kamery, atd. [15]

Příprava bezpilotního systému před letem

Po příjezdu do vybrané lokality, kde se chystáme létat, nás čeká poslední část předletové přípravy, kterou je příprava a kontrola samotné multikoptéry.

Začněme například od správného nasazení vrtulí a ujištění se, že jsou uchyceny a drží tak, jak mají. Správně protáčení vyzkoušíme jejich protočením, které by mělo být bez drhnutí a bez zvláštních zvuků. Jestli-že u některé s nich podobný stav zaznamenáme, ihned ji vyměníme za náhradní. [13] [2]

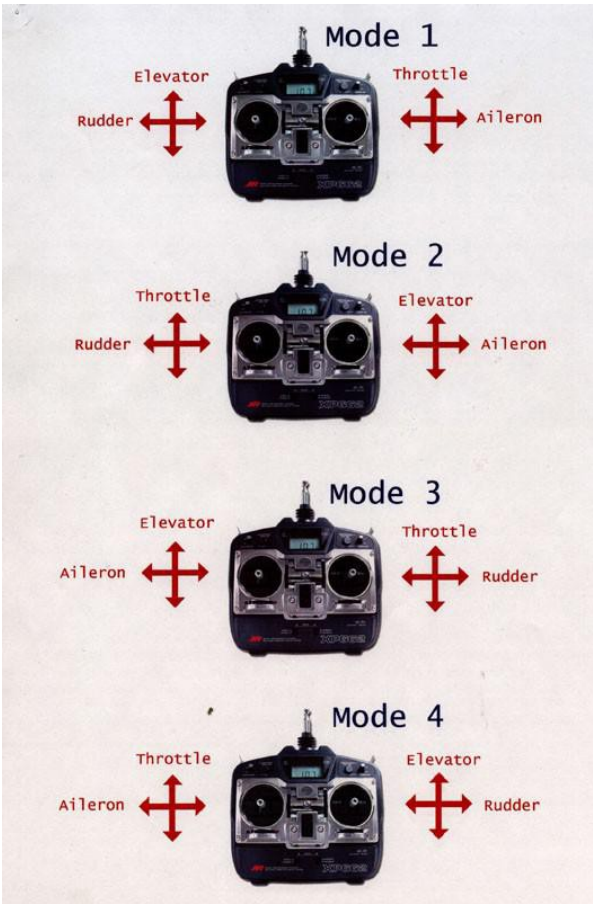
Pokračujeme sundáním krytů kamer a chrániců gimbalu. Poté už můžeme zapnout dálkové ovládání, případně připojit tablet, který skvěle doplňuje funkce ovládání. Na vysílači nastavíme antény do správných pozic, aby mohly vysílat signál co nejlépe a současně můžeme zapnout GPS. Máme-li zapnutý vysílač, můžeme zapnout naši multikoptéru (nikdy ne naopak) a vyčkáme na spojení s ovládáním a aplikacemi. Nyní se připravuje GPS a vyčkáme na dostatečný počet satelitů. [15] [1]

Dále je potřeba nastavit výšky a pozice pro návrat na místo vzletu následované zapnutím vyhýbacích senzorů. Tyto údaje má aplikace ve své paměti, takže není nutné je kontrolovat vždy, stačí jen po aktualizacích aplikace. Další důležitou částí přípravy je kalibrace kompasu, která zajišťuje bezchybnou orientaci multikoptéry. Návod na kalibraci je popsán v návodu, jelikož se může kus od kusu lišit, ale vždy se jedná o pár manévrů s letadlem ve vertikální a horizontální ose a následné potvrzení kalibrace. Kalibraci potřeba vykonat jen v případě změny lokace nebo po vyzvání aplikace. Důležitý je také fakt, že se kompas nesmí kalibrovat poblíž kovových předmětů, vysílačů nebo magnetických polí. [15] [1]

Nyní už postavíme bezpilotní systém zadní částí k nám a raději kousek ustoupíme. Poslední kontrola okolí ve vzduchu i a zemi a zapneme motory. Pokud nezaznamenáme nějaký podezřelý jev či zvuk, nemusíme déle čekat a vzlétneme. [2]

Dálkové ovládání (remote controller)

První, čeho si na vysílači všimneme, jsou dvě páčky (joysticky), s kterými lze hýbat do všech stran nebo do kříže. Jedna z nich ovládá stoupání a klesání (výkon) společně s otáčením kolem svislé osy, kdežto druhá ovládá pohyb vpřed, vzad a do stran. Pokud je na ovladači joystick ovládající výkon vpravo, říká me tomu uspořádání v módu 1, je-li to naopak, nazýváme ho mód 2. Existují také módy 3 a 4, jejichž ovládání je zobrazeno na obrázku níže. Některé vysílače však nabízejí možnost přepínání těchto módu, podle toho, který uživateli vyhovuje. Pilot si ale musí dát velký pozor, který mód má právě zvolen. Součástí vysílačky je také mnoho potenciometrů, kde každý má svou funkci, a moderní ovladače navíc obsahují display nebo nabízejí možnost připojení tabletu. [14]



Ilustrace 13: Módy ovladače [26]

Trim

Trim je funkce vyvažování bezpilotního systému, jež také vychází z reálných letounů. Bez správného vyvážení by letadlo a let nebyly stabilní a řízení by se tak stalo velmi složité. U bezpilotního systému musíme pomocí trimovacích páček, nacházejících se vedle a pod hlavními joysticky, zajistit, aby neodlétával do stran a neotáčel se kolem své osy. Trimování se doporučuje provádět nad zemí po vzletu, dokud máme čas a prostor. Není vhodné s letadlem vzlétnout rychle a vysoko, protože pokud bude stroj špatně vytrimovaný, může se stát, že bude velmi špatně ovladatelný. Nejlepší způsob je takový, že pomalu přidáváme výkon a čekáme až se letadlo začne lehce odlepovat od země. Už v tento okamžik můžeme zaznamenat, jestli se vychyluje do stran a nebo se otáčí, a mírnými korekcemi upravit tyto nedostatky. [14] [1]

Ilustrace 14: Dálkové ovládání [24]

Vzlet

Pokud jsou už motory zapnuté, je dobré provést tzv. motorovou zkoušku pomalým přidáváním výkonu a vyzkoušet ovládání všech směrů, jestli naklánění letadla odpovídá pohybu páček. Tím zkontrolujeme i správně zvolený mód ovladače. Poté, jestliže máme vytrimováno, přidáme výkon a vzlétneme. Vzlétnout bychom měli trochu svižněji a zastavit dron až několik metrů nad zemí ve volném prostoru. Opět zkontrolujeme je-li bezpilotní systém správně vytrimovaný, případně můžeme provést korekce a provedeme kontrolu pozice pomocí GPS. Máme-li vše v pořádku, můžeme provést vzlet. Nezapomínejme na fakt, že pilot musí neustále mít letadlo na očích a kontrolovat veškeré údaje jakou jsou výška, vzdálenost a stav baterie.. Problém může nastat při řízení pohledem ze země, protože když letadlo otočíme proti nám, ovládání páček reaguje zrcadlově obráceně a na to si musíme dál obzvláště pozor. [15]

Přistání

Tato poslední fáze letu může byt také jedna z nejkritičtějších, pokud na ni nejsme dobře připraveni. Nejprve začněme s volbou místa přistání, které by mělo být rovné, abychom zamezili poruše bezpilotního systému či gimbalu na něm zavěšeném. Po ploše a v jejím okolí by se neměly pohybovat žádné osoby nebo zvěř. Po přistání a zastavení na zemi můžeme vypnout motory a poté baterie. U malých bezpilotních systémů je možné provést přistání do ruky. [1]

2. Regulace a předpisy

2.1 Legislativa v České republice

S bezpilotním systémem nelze létat, jak se pilotovi zachce. Musí dodržovat pravidla letového provozu podobně jako například pilot pilotovaného letounu, jelikož také zasahuje do vzdušného prostoru. V nich by mohl být bezpilotní systém snadno přehlédnutelný a proto je nutné pro dodržení bezpečnosti tato pravidla nastudovat a dodržovat. V legislativě pro provoz bezpilotních systémů rozlišujeme pravidla podle toho, o jaké létání se jedná. S bezpilotním systémem lze létat buď pro zábavu jako hobista nebo komerčně, kde jsou pravidla přísnější.

V České republice se na provoz letadel a rozdělení a využití vzdušného prostoru vztahuje zákon č.49/1997 Sb., o civilním letectví. Podle něj se za letadlo nepovažuje model letadla, které má MTOW (MTOM) menší nebo rovnou 25kg. S pojmem bezpilotní letadlo se česká legislativa setkala poprvé 1.3. 2012, kdy začal platit tzv. Doplněk X předpisu L2. Ten stanovil pro provoz bezpilotních letadel nebo modelů letadel pravidla a odděluje tak modelaření od komerčního létání bezpilotních systémů. V Doplňku X definujeme bezpilotní systém jako bezpilotní letadlo. Dodržování a znalost těchto pravidel je také důležitá pro bezpečnost uživatelů a vyhnutí se sankcím, jelikož pří jejich porušení může být pilot potrestán pokutou až do 5 mil. korun. [17] [2]

Doplněk X by však nebyl platný bez Dodatku 4 předpisu L2, který ho legalizuje ustanovením č 2.4. Podobně jako Doplněk 4 je Doplněk X legalizován také paragrafem 52 ze zákona o civilním letectví č. 49/1997 Sb., který se věnuje letadlům způsobilým létat bez pilota na palubě.

2.2 Doplněk X

Doplněk X předpisu L2 především rozděluje pojmy model letadla a bezpilotní letadlo a pokud má model systém umožňující automatický návrat, považujeme ho také za bezpilotní letadlo. Bezpilotní systém musí být nahlášen jako výdělečný a podléhá evidenci na ÚCL, pokud s ním chce pilot vykonávat výdělečnou činnost, a to bez rozdílu hmotnosti. Evidence není tedy potřeba u modelu letadla či bezpilotního systému do hmotnosti 25kg, pokud není určeno k výdělečné činnosti. U systémů a modelů nad 25kg je evidence povinná v reakreačních i výdělečných účelech. [17] [18]

Doplněk X také definuje prostory a výšky dle vzdušného prostoru, kde může bezpilotní letadlo létat. Vzdušný prostor je rozdělený stejně jako u letectví pilotního na třídy C, D, E a G. S bezpilotním letadlem však lze létat pouze v prostoru třídy G, který sahá do výšky 300 m nad zemským povrchem a třídy E v ATZ. Pilot ale musí dávat pozor, aby nevletěl buď do řízeného prostoru letiště (CTR) nebo do letištní neřízené provozní zóny (ATZ), jelikož tyto zóny mají svou spodní hranici na zemském povrchu. Pokud se pilot chystá v některém z těchto prostorů s bezpilotním letadlem pohybovat, musí zažádat o povolení některou ze služeb, kterou dané letiště poskytuje. V České republice se vyskytují také prostory zakázané (LKP), omezené (LKR) a nebezpečné (LKD), kde lze létat jen s výjimkou od Úřadu civilního letectví. Do výšky 300 m nad zemí se také může nacházet vojáky využívaný dočasně vyhrazený prostor (TSA), který je třeba také zkontrolovat během plánování letu (prostřednictvím aplikace AisView Řízení letového provozu nebo aplikace MAIA pro piloty bezpilotních letadel). [17] [18]

2.3 Výtah z předpisu L2 - Doplněk X

Bezpečnost

Létáni s bezpilotním letadlem musí být prováděno pouze tak, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti be vzdušném prostoru, osob, majetku na zemi a životního prostředí. Při předchozí dohodě mezi piloty modelů letadel a přijetí opatření proti ohrožení bezpečnosti ostatního letového provozu, osob a majetku na zemi, se neuplatňuje zákaz ohrožení bezpečnosti létání. [17]

Ukončení letu

Bezpilotní letadlo a model letadla s maximální vzletovou hmotností mezi 0,91 kg a 25 kg musí pilotovi umožnit zasáhnout do průběhu letu nebo jeho ukončení, pokud nastanou okolnosti vedoucí k ohrožení bezpečnosti. U modelu letadla s maximální vzletovou hmotností do 0,91 kg, které není dálkově řiditelné, by pilot měl provést předletovou přípravu k zajištění bezpečnosti letu a bezpilotní letadlo s maximální vzletovou hmotností nad 0,91 kg musí být vybaveno vestavěným systémem, který provede při poruše ukončení letu. Avšak použití takových automatických systémů nezbavuje pilota odpovědnosti za bezpečné provedení letu. [17]

Prostory

Let bezpilotního letadla nebo modelu letadla smí být proveden pouze v následujících prostorech:

- ve vzdušném prostoru třídy G
- v ATZ neřízeného letiště dle podmínek provozovatele letiště a koordinace s AFIS, službou RÁDIO
- v CTR a MCTR letiště v horizontální vzdálenosti více než 5 500 m do výšky 100 m nad zemí, mimo tyto zóny smí být let prováděn pouze s povolením řízení letového provozu [17]

Meteorologická minima

Pilot musí ve vzdušném prostoru třídy G létat vně oblaků a v jiných prostorech v minimální vzdálenosti od oblaků 1 500 m horizontálně a 300 m vertikálně. [17]

Podmínky pro provoz komerčního bezpilotního letadla

- bezpilotní letadlo a pilot bezpilotního letadla musí být evidováni na ÚCL
- evidence pilota znamená, že musí prokázat schopnosti bezpečného řízení bezpilotního letadla a teoretické znalosti stanovené ÚCL
- provoz bezpilotního systému podléhá povolení k létání vydané ÚCL
- provoz leteckých prací (LP) a leteckých činností pro vlastní potřebu podléhá povolení vydané ÚCL
- bezpilotní letadlo musí být označeno identifikačním štítkem, který zahrnuje jméno a telefonní číslo provozovatele
- bezpilotní letadlo se nesmí v průběhu vzletu a přistání přiblížit k jakékoliv osobě (kromě pilota) na horizontální vzdálenost menší než 50 m

- bezpilotní letadlo se nesmí za letu přiblížit k jakékoliv osobě, prostředku nebo stavbě (pokud nejsou součástí provozu) na horizontální vzdálenost menší než 100 m
- bezpilotní letadlo se nesmí za letu přiblížit k jakémukoliv hustě osídlenému prostoru na horizontální vzdálenost menší než 150 m
- po předchozí dohodě se na zúčastněné piloty a osoby výše uvedená minima nevztahují
- bezpilotní letadlo musí být vybaveno bezpečnostním systémem (Fail-safe), který v případě selhání pilota nebo ohrožení provede ukončení letu
- pokud uživatel bezpilotního letadla žádá o povolení k létání k jiným než rekreačním účelům, musí doložit provozní příručku bezpilotního systému [17]

Na poslední straně Doplňku X najdeme tabulku požadavků pro provoz bezpilotních letadel a modelů letadel, která rozděluje bezpilotní letadla dle maximální vzletové hmotnosti:

- do 0,91kg
- mezi 0,91 kg a 7 kg
- mezi 7 kg a 25 kg
- nad 25 kg [17]

Jsou pro ně stanoveny minimální vzdálenosti od osob, staveb a osídlených prostor (v metrech). U bezpilotních letadel nad 7 kg je vzdálenost 50 m od osob během vzletu a přistání, 100 m od osob a staveb za letu a 150 m od osídleného prostoru, kdežto u kategorií pod 7 kg jsou všechny vzdálenosti stanovené jako bezpečné, což je vzdálenost, kdy i při nouzové situaci může pilot vyloučit možnost ohrožení. Tabulka dále obsahuje požadavky týkající se evidence letadla a pilota, složení praktického a teoretického testu, povolení létání, povolení k leteckým pracím (LP) a leteckým činnostem pro vlastní potřebu (LČPVP), označení bezpilotního letadla, pojištění, dozoru, failsafe systému, provozní příručky bezpilotního systému a hlášení události. [17]

Tabulka 1 (viz ust. 16)										
ř.	maximální vzletová hmotnost	≤ 0,91 kg		> 0,91 kg a < 7 kg		7 – 25 kg		> 25 kg		bezpilotní letadlo provozované mimo dohled pilota
-	účel použití ---------- požadavek	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	
1	evidence letadla	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
2	evidence pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
3	praktický a teoretický test pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
4	povolení k létání	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
5	povolení k provádění LP a LČPVP	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze
6	označení UA: ID štítek / ID štítek + pozn. značka	ne / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ano
7	min. ve vzdálenosti (m): vzlet, přistání / osoby, stavby / osídlený prostor	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150
8	pojištění: běžný provoz / LVV (mil. Kč)	ne / 0,25	dle nař. č. 785/2004[1]	ne / 1	dle nař. č. 785/2004[1]	ne / 3 od 20 kg dle nař. č. 785/2004 [1]	dle nař. č. 785/2004[1]	dle nař. č. 785/2004[1]	dle nař. č. 785/2004[1]	dle nař. č. 785/2004[1]
9	dozor	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ano	ano	ne
10	„failsafe" systém	ne	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
11	provozní příručka UAS	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
12	hlášení událostí	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano

Ilustrace 15: Požadavky pro provoz bezpilotních letadel [17]

2.4 Jak získat licenci a jejich specifikace

Existuje více případů, kdy uživatel potřebuje získat povolení k létání s bezpilotním systémem. Nejprve je potřeba vyplnit žádost o evidenci pilota bezpilotního letadla a také povolení k létání od ÚCL (na webu ÚCL). Na základě toho pilot získá imatrikulační značku pro bezpilotní letadlo a může si pak zařídit pojištění odpovědnosti za škody. Po zaplacení poplatku 4 000 Kč ÚCL zařadí bezpilotní letadlo a jeho pilota do evidence a vydá Povolení k létání bezpilotního letadla, avšak s omezením pilot-žák, s kterým může pilot pokračovat k praktické zkoušce. Po absolvování teoretické i praktické části a zaplacení poplatku 400 Kč následuje změna evidence a získání Povolení k létání letadla bez pilota. Pokud pilot vlastní toto povolení, může ho uplatnit v těchto následujících využitích. [1] [20]

- Letecké práce (LP) – komerční účely
- Letecké činnosti pro vlastní potřebu (LčpVP) – podnikatelská činnost
- Provoz modelu letadla nebo dronu těžšího než 25 kg – sportovní a rekreační účely

Povolení k leteckým pracím

Po úspěšném získaní Povolení k létání letadla bez pilota, může pilot žádat o povolení k leteckým pracím. Jedná se o vyplnění a zaslání žádosti společně s těmito doklady a přílohami:

- existence podnikatelského subjektu
- odborná praxe nebo čestné prohlášení
- dosažení vzdělání
- rozsah zmocnění
- výpisy z rejstříků trestů
- podnikatelský plán
- prohlášení o finanční způsobilosti žadatele
- letadlový park
- přehled dálkově řídicích pilotů
- provozní příručku

Provozní příručka popisuje provoz, odpovědnost, normální a bezpečnostní postupy, technické specifikace, kvalifikace a systém kontroly a údržby bezpilotního systému. Po schválení provozní příručky ÚCL a zaplacení poplatku 10 000 Kč následuje vydání Povolení k provozování leteckých prací nebo k leteckým činnostem pro vlastní potřebu. [19]

Provozní příručka bezpilotního systému obsahuje tyto části:

- Správa a řízení provozní příručky
- Obecná ustanovení
- Provoz letadel
- Směrnice pro jednotlivé druhy leteckých prací
- Požadavky pro výcvik a kvalifikace personálu organizace
- Postupy pro údržbu
- Bezpečnostní postupy
- Kontrolní seznamy, deník údržby, deník letadla a deník pilota [2]

Přezkoušení pracovníky ÚCL

Zkouška k získání Povolení k létání letadla bez pilota se skládá z části teoretické a praktické. V teoretické části musí uchazeč úspěšně projít písemným testem, který obsahuje 30 otázek, jež prověří znalost legislativy provozu bezpilotních systémů a Doplňku X. Po zaslání žádosti o změně evidence pilota a povolení k létání, ÚCL odstraní žákovské omezené a uchazeč se může s examinátory ÚCL dohodnout na praktickém přezkoušení. [20]

Přezkoušení probíhá následujícím způsobem:

- kontrola totožnosti žáka a technického stavu letadla
- ověření letové a technické způsobilosti při maximální vzletové hmotnosti (MTOM)
- kontrola funkce fail-safe, provedeno vypnutím RC ovladače
- praktické přezkoušení
- teoretický test
- podpis protokolů o přezkoušení [2]

Letová zkouška je složena z těchto prvků:

- vzlet a vis na místě v režimu stabilizace GPS po dobu 10 s a následné přistání
- let po půlkruhu v režimu stabilizace GPS se zadní částí letadla k pilotovi během celého letu
- let po trajektorii písmene M v režimu stabilizace GPS se zadní části letadla ve stejném zeměpisném směru
- let po trajektorii písmene M v režimu stabilizace ALTI (polohy) se zadní části letadla

ve stejném zeměpisném směru

- let po pomyslném letištním okruhu s přední části letadla po směru letu [2]

3. Návrh výcvikového programu

Následující výcviková osnova je inspirovaná metodikou výuky kurzu profesionálního pilota bezpilotních systémů pod vedením Dron Academy, jež je prověřena desítkami spokojených uchazečů o licenci pilota bezpilotních systémů. Celý kurz profesionálního pilota bezpilotních systémů je rozdělen do tří dnů, kdy se v prvních dvou dnech probírá potřebná teorie a třetí den je věnován letání s bezpilotním systémem. Celý praktický výcvik se létá s multikoptérou, kterou si pilot sám vybere a kterou chce po tomto kurzu evidovat na Úřadu civilního letectví, kde také složí závěrečnou zkoušku. Cílem kurzu profesionálního pilota bezpilotních systémů je tedy připravit budoucího pilota k úspěšnému absolvování zkoušek na ÚCL.

3.1 Rozvrh výcvikového programu

čas	8:30 – 10:00	10:15 – 11:45	12:15 – 13:45	14:00 – 15:30
1. den	Úvod Předpisy řady L	Základy letu AIP	Plánování a provedení letu	Provozní příručka
2. den	Legislativní rámec ČR	Ochrana osobních údajů a autorská práva	Test a vyhodnocení	
čas		9:00 – 14:00		
3. den	Praktický výcvik			

3.2 Teoretický výcvik

Výuka teorie probíhá v prvních dvou dnech výcviku. Předměty jsou rozděleny do sedmi bloků, kde každý z nich má délku 90 minut, podobně jako přednáška na vysokých školách. Piloti, kteří tímto kurzem projdou, jsou po dvou dnech intenzivní výuky schopni ihned složit test na Úřadu civilního letectví, který si v upravené podobě vyzkouší na konci druhého vyučujícího dne. Podle výsledků společnosti Dron Academy je úspěšnost složení testu vyšší než 80%. To je důkaz, že tento systém výuky je velmi účinný. Tato kapitola obsahuje osnovu toeretické výuky a návrh rozpisu výkladu látky, který je dostačující k pokrytí danných témat.

3.2.1 Rozpis výuky

Předpisy řady L

Rozsah výuky předmětu:

Cílem této kapitoly je seznámit studenta s Úmluvou o civilním letectví a s ní spojeným vznikem Mezinárodní organizace civilního letectví ICAO a jejími předpisy řady L. Dále se zákonem o civilním letectví 49/1997 sb., který popisuje legislativní rámec ČR. Později se k zákonu 49/1997 sb. vrátíme podrobněji v kapitole Legislativní rámec ČR. Vyučující by se měl také zmínit o institucích, které jsou důležité pro provoz bezpilotních letadel: Ministerstvo dopravy, Úřad pro civilní letectví a Ústav pro odborné šetření příčin leteckých nehod.

Ve výkladu předpisu L2 se student naučí, že tento předpis stanovuje pravidla létání ve vzdušném prostoru ČR, jak pro pilotovaná i bezpilotní letadla, a že nejdůležitější části předpisu L2 jsou Dodatek 4 a Doplněk X, které najde na stránkách Letecké informační služby. Předpisy se student musí dokonale naučit, protože při závěrečné zkoušce na ÚCL je na Doplněk X brán velký zřetel. Pilot si musí zapamatovat, že všechny předpisy se aktualizují a proto je nutné stále sledovat jejich změny. Při pročítání Doplňku X se student naučí o autonomním letadle, UA, UAS, modelu letadla, bezpečnosti, odpovědnosti, ukončení letu, rozdělení vzdušného prostoru, zakázaných prostorech, meteorologických minimech nebo podmínkách pro provoz UAV. V odstavci 2.4 Dodatku 4 se dočte, že legalizuje Doplněk X.

Úmluva o mezinárodním letectví a vznik Mezinárodní organizace civilního letectví ICAO

- Chicágská úmluva a vznik ICAO
- ICAO je přidružená k OSN
- ICAO standardy zvané Annexy (Annex 1 – Annex 19)
- Předpisy řady L (L 1 – L 19)
- Zákon o civilním letectví 49/1997 sb.
- Ministerstvo dopravy, Úřad pro civilní letectví (ÚCL) a Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů (ÚZPLN)

Předpis L2

- Pravidla létání ve vzdušném prostoru ČR
- Pravidla pro provoz letadel bez pilota na palubě (Dodatek 4 předpisu L2)
- Doplněk X předpisu L2
- L2/Dodatek 4 legalizuje L2/Doplněk X dle ustanovení 2.4

Předpis L7

- Poznávací značka letadel
- Značka státní přislušnosti (v ČR OK nebo OL)
- Rejstříková značka bezpilitních letadel (např. OK-X123A)
- Identifikační štítek

Předpis L13

- Odborné zjišťování příčin leteckých nehod a incidentů
- Ústav pro odborné zjišťování leteckých nehod (ÚZPLN)
- Hlášení vzniku nehody nebo incidentu ÚZPLN (vyplněním formuláře na stránkách www.uzpln.cz)

Předpis L 8400

- Všechny letecké zkratky
- Rozdíl mezi ALT a AMSL

Hustě osídlený prostor

- Nařízení předpisu L6/3

Základy letu, AIP

Rozsah výuky předmětu:

V této kapitole se student učí o Letecké informační příručce, co v ní najde a jak v ní hledat potřebné informace. Dále je seznámen s VFR příručkou a rozdělením vzdušného prostoru ČR. Důležité je studenta naučit, kde a za jakých podmínek může létat, a v jakých prostorech je létání zakázáno. Na závěr se v této kapitole probírá všobecná znalost bezpilotních letadel a multikoptéry, nastavení módu vysílače, základní pilotáž a různé režimy letu.

Letecká informační příručka (AIP)

- Část GEN (všeobecné informace) nemá pro bezpilotní letadla význam.
- Část ENR (tratě).
- ENR 1.4 Klasifikace vzdušného prostoru
- ENR 5.1 Zakázané, omezené a nebezpečné prostory
- ENR 5.2 Prostory pro vojenský výcvik a cvičení
- ENR 6.3 Mapa zakázaných, omezených, nebezpečných, dočasně vyhrazených a dočasně rezervovaných prostorů
- Část AD (letiště IFR) – část TEXT

VFR příručka

- Létání za viditelnosti (VFR)
- VFR – ENR 1 – Rozdělení vzdušného prostoru ČR
- VFR – AD – Letiště s VFR provozem

Rozdělení vzdušného prostoru

- Třídy vzdušného prostoru
- Prostor třídy G
- Prostor třídy E
- Prostor třídy C (pouze TMA Praha)
- Prostor třídy D
- Druhy vzdušného prostoru
- Letištní provozní zóna (ATZ)
- Řízený okrsek (CTR) a vojenský řízený okrsek (MCTR)
- Koncová řízená oblast (TMA) a vojenská koncová řízená oblast (MTMA)
- Nebezpečný prostor
- Zakázaný prostor
- Omezený prostor
- Dočasně rezervovaný prostor
- Dočasně vyhrazený prostor

Bezpilotní letadla a jejich dělení

- Základní definice – Autonomní letadlo, Bezpilotní letadlo (UA), Dálkové řízené letadlo (RPA), Bezpilotní systém (UAS), Systém dálkově řízeného letadla (RPAS)
- Letadlo lehčí než vzduch
- Letadlo těžší než vzduch
- Multikoptéra

Všeobecné znalosti multikoptéry

- Dělení Multikoptér – podle počtu pohonných jednotek
- Základní části multikoptér – tělo, ramena, pohonné jednotky, přistávací zařízení, vrtule
- Stabilita letu – schopnost letadla vracet se do původního režimu
- Řiditelnost – vyšší stabilita = nižší řiditelnost
- Základní řiditelnost – pohyby na místě, dopředný let, couvání, vzlet a přistání
- Komplexní řiditelnost – akrobatické obraty (VLOS)

- Vysílač a hlavní ovládací prvky
- Módy 1 a 2 – stoupání a klesání, náklon, klopení, zatáčení
- Režimy letu – manuální, GPS, attitude, automatický, Fail Safe

Plánování a provedení letu

Rozsah výuky předmětu:

V dalším teoretickém bloku je student seznámen se základy plánování a provedení letu a dalšími faktory, které toto téma zahrnuje. Pilot bezpilotního systému by měl znát pojmy jako jsou druhy hmotností, těžiště, teplota, nadmořská výška a vítr, a jak jejich změna ovlivní letové vlastnosti. Dále je nutné zmínit problematiku létání v blízkosti překážek z pohledu pozice pilota, jak se liší druhy proudění vzduchu podle postavení překážek a kterým prouděním se má pilot vyhnout, například létání na návětrné straně překážky. Tento předmět se také věnuje předpovědi počasí. Studenta postačí seznámit se základními pojmy z meteorologie a vysvětlit, že pro let většinou postačí metoda "kouknu z okna a podle toho se rozhodnu". Občas je však potřeba let plánovat dříve, například kvůli domluvenému focení. Pro tento případ se student učí porozumět předpovědím počasí. Pilotovi multikoptéry postačí pouze sledovat předpovědi v TV (nejlépe veřejnoprávní TV, kde předpovědi připravují profesionální meteorologové), nebo také pomocí mobilních aplikací jako jsou Aladin nebo Windity. V neposlední řadě je vhodné se studentem zopakovat létání v různých druzích vzdušného prostoru a to dle předpisu (viz. Předpis řady L, AIP), dále ho seznámit s kontrolou technického stavu multikoptéry před letem, typem akumulátoru, který se v multikoptérách používá a jak na ně působí rozdílné hodnoty teploty a nesmíme zapomenout na to, jak se chovat v případě letecké nehody nebo incidentu.

Druhy hmotností a jejich vliv na výkony, poloha těžiště

- Vzletová hmotnost, maximální vzletová hmostnost, přistávací hmotnost, maximální přistávací hmotnost
- Vliv hmotnosti na výkony
- Poloha těžiště – nemusí být v geometrickém středu

Vliv teploty, nadmořské výšky a větru

- Snížení výkonu vlivem teploty a nadmořské výšky
- Snížení kapacity baterií a přehřátí baterií
- Vliv větru na výkony a řiditelnost, turbulence, húlava, bouřka, limity
- Vznik námrazy a podmínky pro její vznik

Vliv terénů a překážek na provedení letu

- Let v blízkosti překážek – správná pozice pilota
- Let na návětrné straně překážek
- Proudění za stromovou alejí
- Proudění za budovou
- Proudění za skupinou překážek

Předpověď počasí

- Předpovědi veřejnoprávních televizních stanic
- Český hydrometeoroligický ústav (ČHMU)
- Počítačové a telefonní aplikace (Aladin, Windity, apod.)

Létání v různých druzích vzdušného prostoru

- Let v prostoru třídy G
- Let v ATZ
- Plochy pro provoz sportovních letajících zařízení – domluva s majitelem nebo provozovatelem
- Let v CTR a MCTR
- Zákaz letání v zakázaných, nebezpečných a aktivovaných prostorech
- Další zákazy dle Doplňku X ustanovení 8. Ochranná pásma
- Respektování soukromí

Technický stav multikoptéry

- Kontrola před každým letem dle návodu nebo provozní příručky
- Kontrola vrtulí, těla, ramen a přistávacího zařízení
- Kontroly elektroniky dle návodu nebo provozní příručky

Pohonné akumulátory

- Li-Pol baterie – nízká hmotnost a vysoká koncentrace náboje
- Správné nabíjení
- Úplné vybití – zkracují životnost baterie
- Skladování akumulátorů – vybíjení na třetinu kapacity pro dlouhodobé skladování
- Podchlazení akumulátorů – ztráta výkonnosti a zkrácená doba letu (pod 10°C)

Zdravotní stav pilota

- Negativní vliv drog, alkoholu a únavy na schopnosti pilota

Postupy při vzniku letecké nehody nebo incidentu

- Rozdíl mezi leteckou nehodou a vážným incidentem – pouze v následcích
- Ohlášení a postup dle předpisu L 13
- Zranění osob – první pomoc a zavolat záchranné služby
- Škody na majetku – zavolat Policie ČR
- Nahlášení na pohotovostní službu ÚZPLN
- Fotografická dokumentace nehody
- Zápis do provozního deníku letadla

Provozní příručka

Rozsah výuky předmětu:

Jak název předmětu napovídá, budeme se v něm věnovat provozním postupům, konkrétně provozní příručce. Studentovi vysvětlíme co je to provozní příručka, proč je důležitá a jaké jsou zásady pro její zpracování. V popisu provozní příručky zmíníme, z jakých částí se skládá a jaké informace jednotlivé části obsahují a také, že obsahuje pouze aktuální informace, nikoliv stavy minulé nebo budoucí. Dále je vhodné studentovi vysvětlit, že pokud pilot s multikoptérou létá například pod firmou, nemusí mít celou provozní příručku, ale pouze ty části, které se ho týkají.

Zásady pro zpracování

- Obsah a struktura podle velikosti organizace a rozsahu provozu
- Aktualizace provozní přiručky
- Provozní příručka obsahuje pouze akutální informace

Struktura provozní příručky

- Část A – Všeobecná část
- Část B – Letadlový díl
- Část C – Směrnice pro letecké práce
- Část D – Výcviky
- Část E – Údržba

Distribuce provozní přiručky

- K dispozici každému, kdo se podílí na letovém provozu
- Zaměstnanci nemusí mít celou příručku, ale pouze části, které se jich týkají

Legislativní rámec ČR

Rozsah výuky předmětu:

Tato část je pokračováním studia o leteckých předpisech a zákonech, protože vychází především ze Zákona č. 49/1997 sb. To znamená, že se student naučí pojmy jako jsou letadlo, model letadla, povolení k leteckým pracím, letecká činnost pro vlastní potřebu a jak se liší od leteckých prací. Dále je nutné vysvětlit, že pokud létáme na cizím pozemku nebo ploše, potřebujeme souhlas jeho vlastníka nebo provozovatele a také připomenout důležitost pojištění. Na závěr budoucího pilota seznámíme s tvorbou deníku pro zápis o letu a údržbě a jaké informace do deníku zapisovat.

- Zákon č. 49/1997 sb.
- Pojem letadlo
- Model letadla nad 25kg považováno za letadlo
- Maximální výška využití vzdušného prostoru
- Paragraf 52 – legalizuje Doplněk X podobně jako Dodatek 4
- Letecké práce – povolení
- Letecká činnost pro vlastní potřebu – podpora vlastního podnikání
- Rekreace a veřejná vystoupení
- Přestupky povozovatele – aktualizace údajů a platné pojištění
- Přestupky pilota – Znalost a dodržování Doplňku X
- Zápis o letu a údržbě – tvorba deníku
- Souhlas vlastníka plochy, kde létáme

Ochrana osobních údajů a autorská práva

Rozsah výuky předmětu:

Poslední blok výuky je věnován zákonu o ochraně osobních údajů, která se netýká pouze létání, ale především pořizování fotografií a videa. Pilot nemusí znát celý zákon nazpamět. Raději by se měl pomocí základních znalostí ochrany osobních údajů naučit, jak používat vlastní zdravý rozum. To znamená, že by měl vědět kde může a nemůže fotografovat nebo natáčet (veřejné a neveřejné prostory), že nesmí narušovat soukromí ostatních a že nechtěně nebo bez domluvy pořízené záběry je lepší vymazat. Neměli bychom také zapomenou na autorská práva k záznamům, a uvědomit si jejich důležitost.

Zákon o ochraně osobních údajů 101/2000 sb.

- Důležitý pro pořizování foto a video dokumentace
- Pojmy: osobní údaj, citlivý údaj, subjekt údajů, zpracování, shromažďování, zpracovatel, příjem
- Svoboda fotorafování a natáčení na veřejných prostorech
- Zákaz narušování soukromí
- Autorská práva k pořízeným záběrům
- Prodej práv – smlouva o díle

3.3 Praktický výcvik

Třetí den kurzu profesionálního pilota bezpilotních systémů je věnován praktickému výcviku. Výcvik je určen pro nováčky, kteří nemají žádné zkušenosti s létáním s multikoptérami. Piloti, kteří nemají svou vlastní multikoptéru, se zde s multikoptérou seznámí. V průběhu výcviku studenti projdou několika cvičeními, ve kterých si vyzkouší základní letové vlastnosti, let v režimu GPS a ATTI a letové prvky, se kterými se mohou setkat při závěrečné zkoušce na ÚCL.

Praktický výcvik se provádí na ploše bez překážek a mimo stavby o rozměrech minimálně 50x50 m, avšak doporučený rozměr plochy je 100x100 m, z důvodu bezpečnosti. Student létá pod dohledem zkušeného pilota, který je schopen kdykoliv zasáhnout do řízení, pokud je to nutné. Všechna cvičení se létají v režimu GPS i v režimu ATTI, protože se může stát, že se multikoptéra za letu přepne z režimu GPS do režimu ATTI vlivem závady nebo zhoršení signálu. Vzhledem k tomu, že každý student potřebuje rozdílný čas pro zvládnutí všech cvičení, doporučuje se nespěchat a cvičení opakovat tak dlouho, dokud si student není jistý, že manévry opravdu zvládá. Zkušenosti z kurzu ukazují, že pro začátečníka obvykle stačí pouze 2 hodiny letu.

Výcvikový program vychází z doporučení firmy DJI, která vyrábí jedny z nejrozšířenějších multikoptér s názvem Phantom. Program je také zveřejněn na webových stránkách firmy DJI a je sestaven tak, aby se student naučil létat s multikoptérou i bez dohledu zkušeného pilota.

Po zvládnutí všech letových manévrů, které jsou popsané v následujících kapitolách, je pilot připraven úspěšně složit praktickou zkoušku z techniky pilotáže na ÚCL.

Seznámení s multikoptérou

Teoreticky je s student s multikoptérou seznámen už z učebny. Před praktickým výcvikem se naučí postupy kontroly a přípravy multikoptéry před letem. Postup seznámení s multikoptérou je univerzální pro všechny typy a skládá se z těchto částí:

- Dokumentace letadla
- Tělo multikoptéry
- Popis ovladačů na vysílači
- Kamera a gimbal
- Režimy letu (GPS, ATTI, manuál, Fail Safe, apod.)
- Technické specifikace a omezení
- Letové postupy

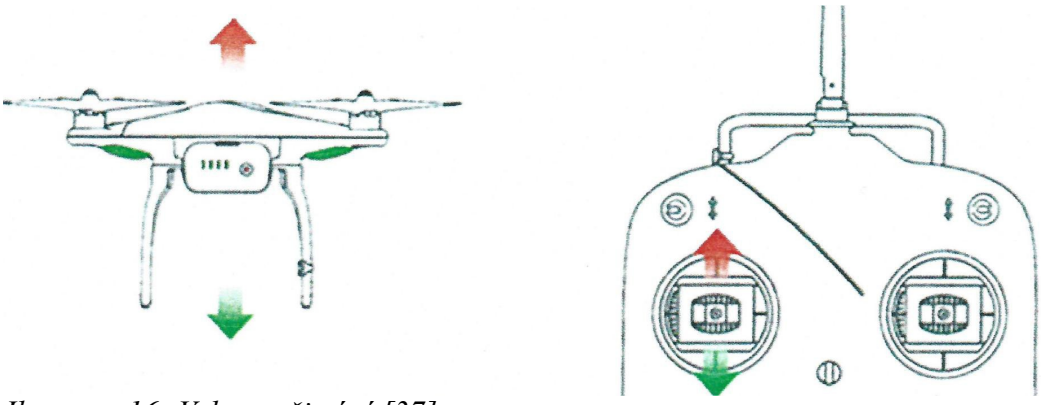
Dále je před letem důležité provést upgrade softwaru a nastavit řídící jednotku jako jsou řídící mód a limity maximální výšky nad místem vzletu a maximální vzdálenost od pilota systému Fail Safe. Poté piloti provedou kontrolu technického stavu multikoptéry a vysílače, zkontrolují nabití akumulátorů, baterie vysílače a dalších zařízení jako například tablet či smartphone.

3.3.1 Základní letové manévry

Základní letové manévry se provádí nejprve v režimu GPS a po jejich zvládnutí v režimu ATTI. Všechny tyto manévry se létají v poloze zadní částí multikoptéry k pilotovi. Každý pilot si může vybrat v jakém módu chce mít vysílač nastavený, podle toho pak musí pohybovat páčkami tak, jak vysílač vyžaduje. Následující manévry jsou popsány pro vysílač v módu 2, které jsou také k dispozici na webových stránkách firmy DJI. Piloti, kteří si vyberou pro ovládání multikoptéry jiné módy, musí pohyby ovládací páky přizpůsobit podle vybraného módu.

Vzlet a přistání

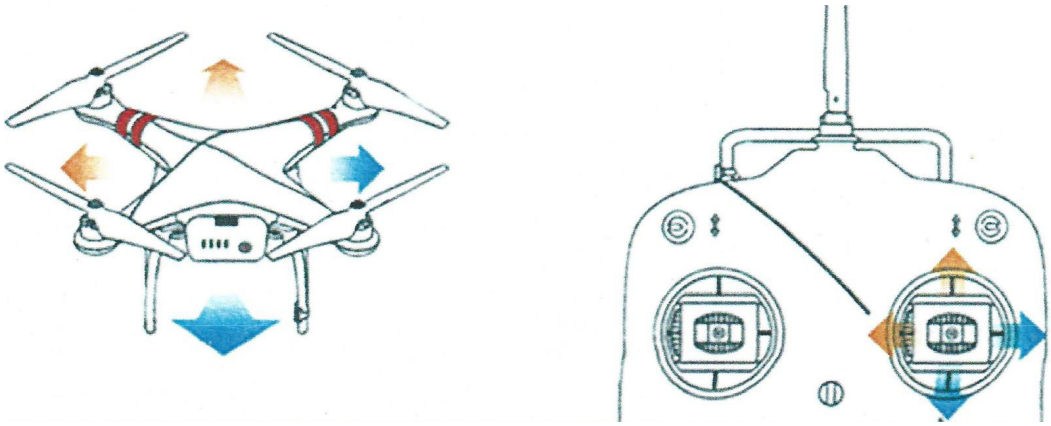
Pilot spustí motory pomocí pohybu páky ovládání výkonu dopředu a pomalu zvyšuje otáčky, dokud se multikoptéra neodpoutá od země. Po dosažení výšky 3 – 5 m pilot přesune páku ovládání výkonu do neutrální polohy a multikoptéra přejde do visení. Pilot může s multikoptérou vystoupat do výšky až 20 m, kde ji nechá viset pár sekund a potom přesunutím páky ovládání výkonu směrem k sobě uvede multikoptéru do klesání a následně přistane. Po dosednutí pilot přesune páku ovládání výkonu do neutrálu a vypne motory.



Ilustrace 16: Vzlet a přistání [37]

Pohyby na místě

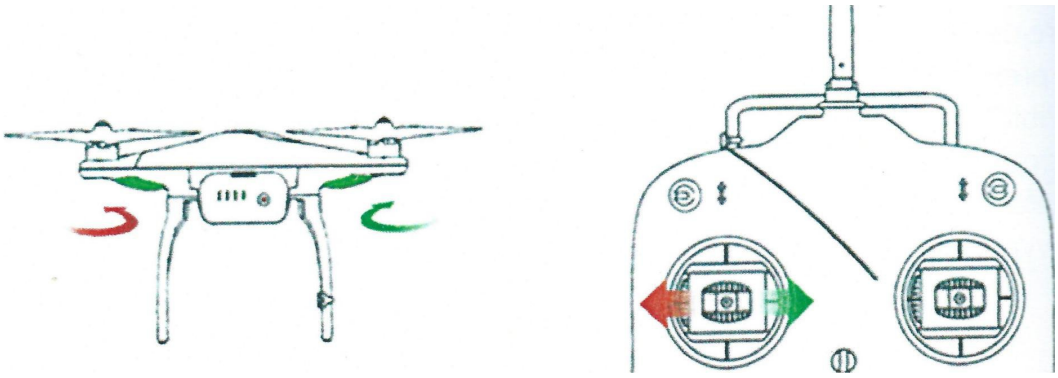
Pilot začíná v poloze, kdy je multikoptéra otočená zádí k němu a je před ním ve výšce 2 – 3 m. Multikoptéru pilot uvede příslušnou páčkou do pohybu směrem vpřed, vzad a do leva a do prava. Po každém pohybu uvede multikoptéru do visení a poté ji vrátí zpět na počáteční místo. Například při bočení vpravo pilot přesune páku příčného řízení do prava a po ulétnutí 5 m přesune páku do neutrálu a přivede multikoptéru do visení. Potom přesune páku do opačného směru a vrátí multikoptéru zpět na místo, kde manévr začal. Následně pilot pokračuje v dalsím pohybu (bočení vlevo, let vpřed, let vzad).



Ilustrace 17: Pohyby na místě [37]

Otáčení

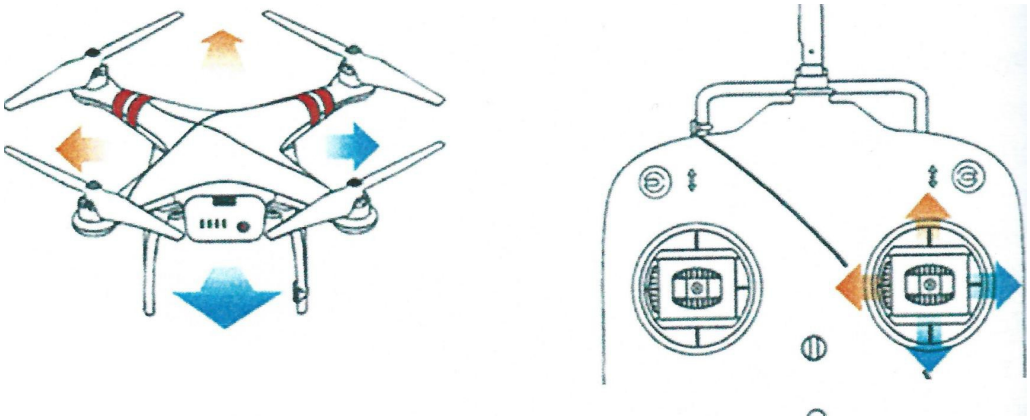
Otáčení okolo svislé osy pilot provádí v režimu visení vychylováním páky směrového řízení do stran.



Ilustrace 18: Otáčení [37]

Let dopředu, dozadu a bočení

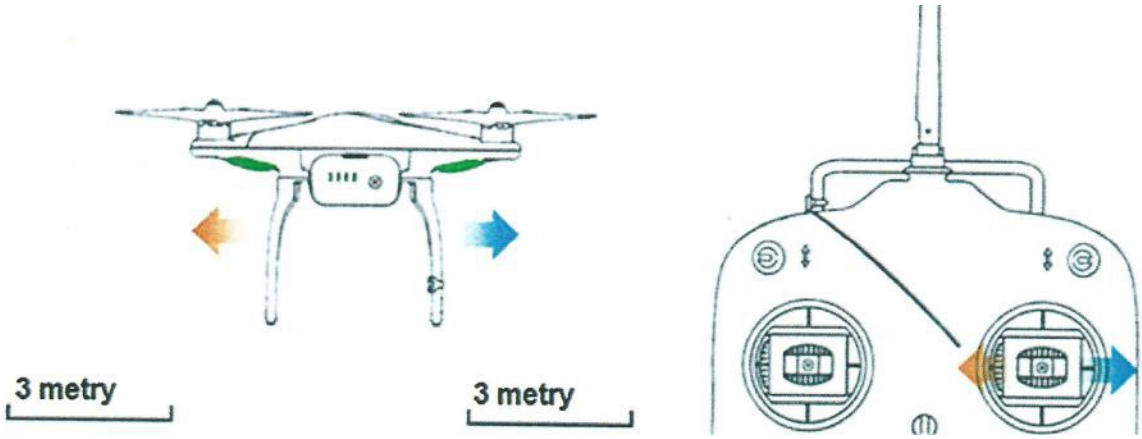
Zde si pilot zopakuje pohyby na místě, s tím rozdílem, že zvyšuje rychlost letu a vzdálenost multikoptéry od pilota až do vzdálenosti několik desítek metrů. Stejně jako u nácviku pohybů na místě, i v tomto cvičení pilot po každém manévru (např. let dopředu a zpět) uvede multikoptéru do visení.



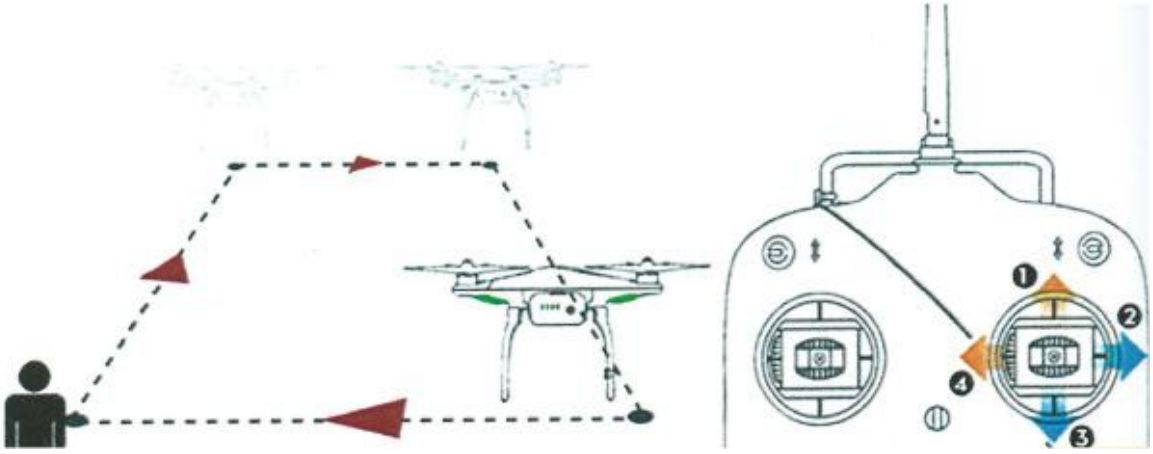
Ilustrace 19: Let dopředu, dozadu a bočení [37]

Kombinace letu dopředu, dozadu a do stran bez otáčení

Pilot si vyzkouší kombinovat základní pohyby multikoptéry (dopředu, dozadu a do stran bez otáčení) bez změny směru podélné osy. Mění tedy pouze směr letu. Nácvik začíná letem dopředu do vzdálenosti 3 m od bodu vzletu, následně pokračuje letem 3 m doleva a 3 m doprava. Zadní část multikoptéry stále směřuje k pilotovi. Poté si pilot vyzkouší let po čtverci tak, že v každém rohu obrazce vždy zastaví a následně pokračuje Takto ve vzduchu opíše obrazek čtverce po směru hodinových ručiček a po jeho zvládnutí i proti směru hodinových ručiček.



Ilustrace 20: Bočení [37]



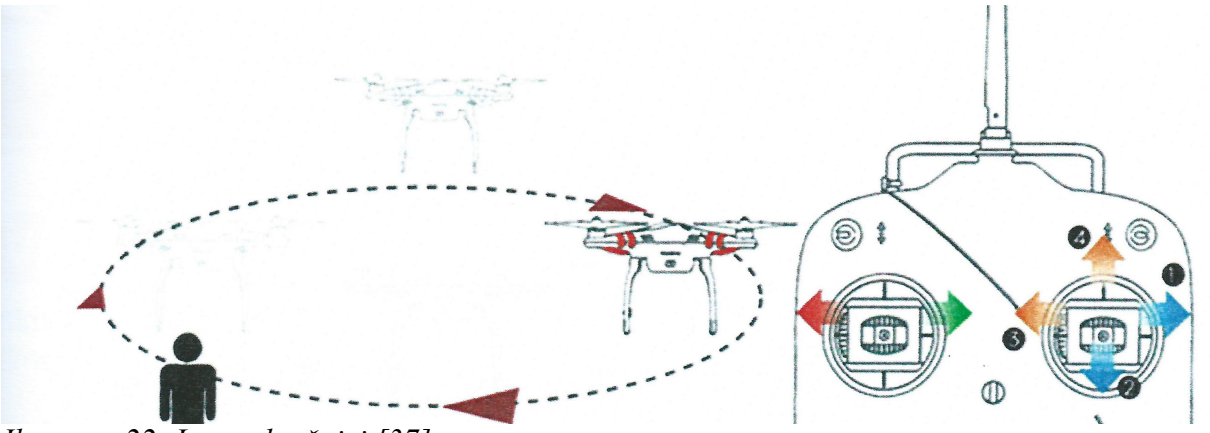
Ilustrace 21: Let ve čtverci [37]

3.3.2 Kombinované letové manévry

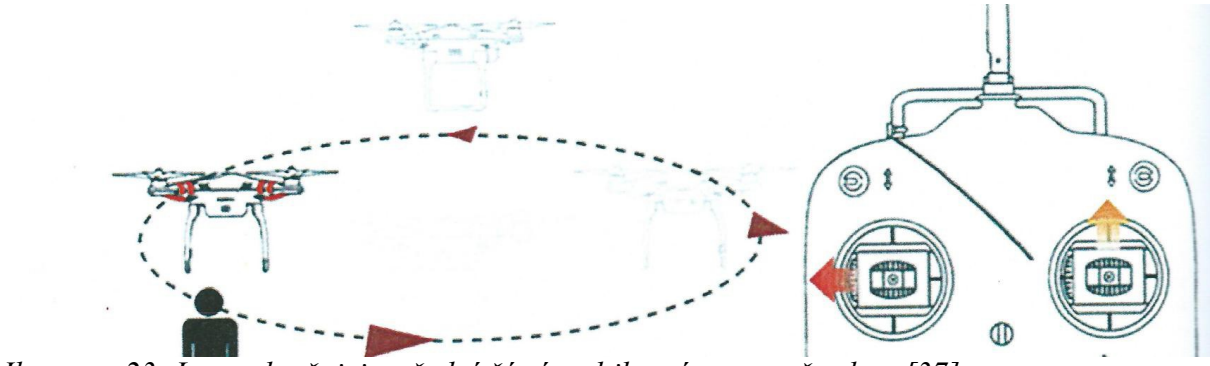
Po zvládnutí nácviku základních letových manévrů pilot dokáže provádět manévry jednotlivě bez kombinování. Cílem následujících cvičení je naučit pilota kombinovat minimálně dva základní letové manévry. Tyto manévry vyžadují ovádání obou pák řízení.

Let po kružnici

Pilot letí po kružnici a letadlo stále směřuje přední částí k pilotovi. Při udržování stejné výšky se pilot snaží letět obrazec tvaru kružnice. Po zvládnutí manévru pilot zopakuje let po kružnici, s tim rozdílem, že přední část multikoptéry směřuje ve směru letu.



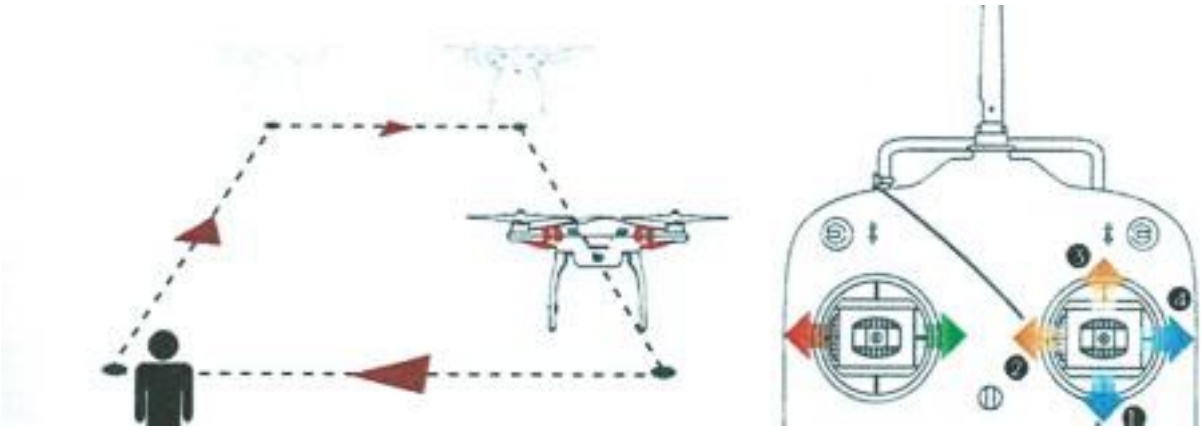
Ilustrace 22: Let po kružnici [37]



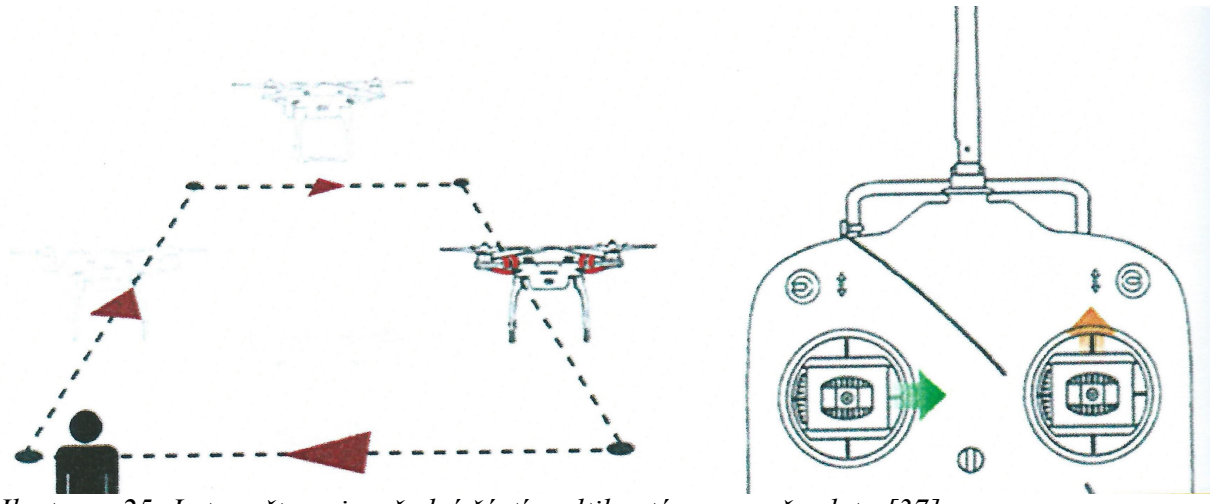
Ilustrace 23: Let po kružnici s přední částí multikoptéry ve směru letu [37]

Let po čtverci

Pilot se snaží letět po obrazci čtvercového tvaru po směru a proti směru hodinových ručiček a přední část multikoptéry stále směřuje k pilotovi. Podobně jako u letu po kružnici, pilot provede manévr znovu, avšak s přední částí multikoptéry ve směru letu.



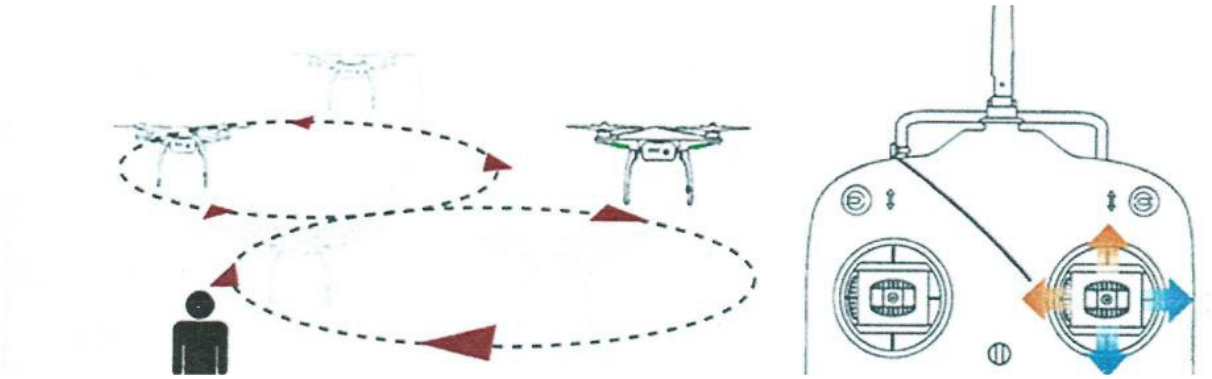
Ilustrace 24: Let po čtverci [37]



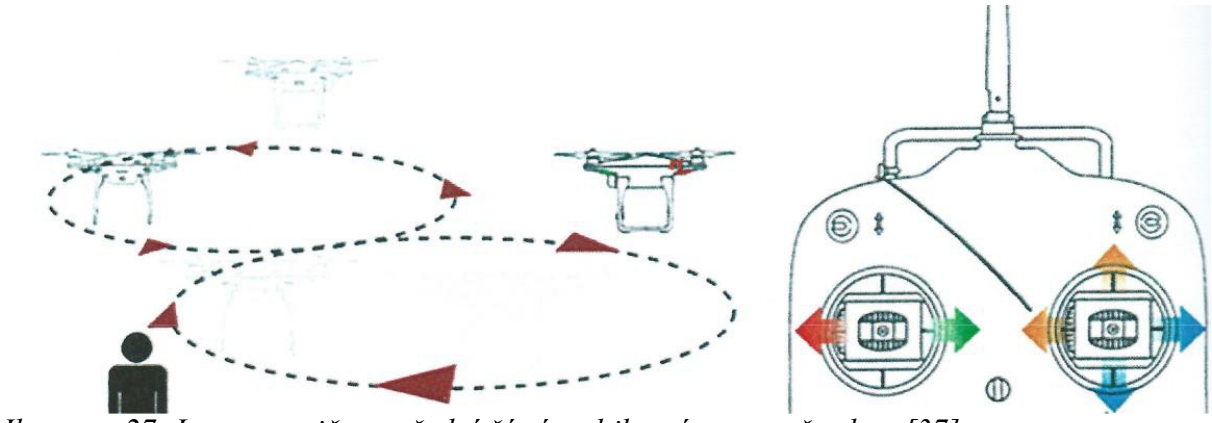
Ilustrace 25: Let po čtverci s přední částí multikoptéry ve směru letu [37]

Let po osmičce

Let v obrazci připomínajícím číslo osm je podobný letu po kružnici. Pilot se opět snaží zaletět příslušní obrazec ve stále stejné výšce a co nejpřesněji. Nejprve manévr provede bez rotace multikoptéry, to znamená, že přední část stále směřuje k pilotovi a následně ho zopakuje tak, že multikoptéra směřuje přední částí ve směru letu.



Ilustrace 26: Let po osmičce bez rotace [37]



Ilustrace 27: Let po osmičce s přední částí multikoptéry ve směru letu [37]

Fail Safe

Pilot si také vyzkouší prověřit systém Fail Safe a to tak, že odlétne s multikoptérou do větší vzdálenosti až 100 m a aktivuje Fail Safe přepínačem. Dle toho, jak je Fail Safe nastavený, se multikoptéra vrátí na místo vzletu nebo přistane na místě, kde byl aktivovaný.

Home Lock

Prověření systému Home Lock provede pilot tak, že opět odlétne do větší vzdálenosti podobně jako u prověření Fail Safe a aktivuje režim Home Lock. Po jeho aktivování pilot přesune páku podélného řízení k sobě a multikoptéra se začne vracet k místu vzletu bez ohledu na to, jak je ve chvíli zapnutí vůči místu vzletu otočená. Až se multikoptéra vrátí dostatečně blízko, kdy je pilot schopen rozpoznat její polohu, vypne režim Home Lock a pokračuje v letu jak uzná za vhodné.

3.4 Shrnutí

Cílem návrhu výcvikového programu pro piloty bezpilotních systému bylo, aby se i začínající pilot bez jakýchkoliv zkušeností naučil létat bez pomoci zkušenějšího pilota. Pokud pilot student bez problémů zvládne všechny letové manévry, které jsou popsány v předchozí kapitole, je dobře připraven k závěrečně praktické zkoušce z techniky pilotáže na Úřadu civilního letectví. Tento výcvikový program neobsahuje výuku filmování a natáčení záběrů za letu nebo spolupráce s operátorem fotoaparátu a kamery, a proto se to každý pilot musí naučit sám, například z publikace s názvem Drony, fotografování z ptačí perspektivy od Petra Jana Juračka z roku 2017.

4. Výhled předpisů do budoucna

Do budoucna se v Evropě připravují změny pravidel provozu bezpilotních letadel. Během roku 2019 bude nařízení 216/2008, kterým se řídí i ČR, nahrazeno novým nařízením EU pro letectví č. 2018/1139. Toto nařízení je schválené už od 11.9. 2018 a vychází z EASA Opinion 1/2018, ale Evropská komise jej uvede v platnost až v září nebo říjnu roku 2019. Součástí nařízení jsou takzvané prováděcí nařízení a přenesené působnosti, jež obsahují provozní pravidla a požadavky na výrobky uváděné na trh. Účelem změn je harmonizace pravidel v EU, například, že se UAS nebudou rozdělovat na rekreační a komerční, ale podle kategorie provozu dle míry rizika. Tyto kategorie budou tři: Open, Specific a Certified. Kategorie Open představuje nízkou míru rizika, žádné schvalování CAA, ale s omezeními na technické vlastnosti UAS, provozní omezení a kvalifikaci a věk pilota. Dále obsahuje 3 podkategorie a 5 tříd UAS dle typu letadla. Kategorie Specific se týká střední míry rizika, kdy se analýzu rizik schvaluje CAA, které také vydává povolení k létání. Poslední kategorie vysoké míry rizika nese název Certified, ve které je certifikace techniky a personálu na úrovní letadel s posádkou na palubě.

Kategorie Open

- max: 25 kg; max. 150m AGL; VLOS
- vzdálenost od lidí, věkový limit, technické požadavky, registrace, e-identif., geofencing, příbalový leták/nálepka, CE označení
- podkategorie provozu A1(A0) - A3
- A0 - („neškodná“) – 250g, 50m AGL, může nad lidi (ne shromáždění), bez požadavků
- A1 - 900g, 120m AGL, může nad lidi
- A2 - 4 kg, 120 m AGL, safe distance (20 m/50 m)
- A3 – 25 kg, prostory bez lidí/obydlených oblastí
- třídy dronů/UA C1-C4 (technické parametry)

Kategorie Specific

- povolení CAA/deklarace
- analýza rizik - provádí provozovatel, schvaluje CAA, SORA (JARUS)
- standardní scénáře - nahrazují analýzu rizik, publikované EASA
- (volitelné) osvědčení provozovatele UA - schvalování vlastního provozu

Kategorie Certified

- certifikace techniky a personálu na úrovni letadel s posádkou

Plánované kroky v ČR

- 2018 – Ministerstvo dopravy - materiál do vlády týkající se dronů
- 2019 – novela zákona o civilním letectví (+ leteckých předpisů) •
- odstranění neslučitelných/duplicitních ustanovení s právem EU
- určení příslušných úřadů/subjektů v ČR
- registrace
- vymezení a publikace zón
- vydávání povolení (forma)
- poskytování služeb (U-Space/UTM)

Závěr

Tato bakalářská práce by mohla být předlohou k vytvoření oficiální jednotné výcvikové osnovy pro budoucí piloty bezpilotních systémů. Ty jsou totiž ve světě stále více a více oblíbenější. Tím se ale také zvyšuje počet uživatelů těchto systémů. V této práci jsem tedy navrhl výcvikovou osnovu, která by měla studenta připravit na závěrečné teoretické i praktické zkoušky na Úřadu pro civilní letectví a do budoucna by mohla být také úřadem schválena jako jednotná pro všechny výcvikové školy.

Práce obsahuje nejprve seznámení s bezpilotními prostředky, kde jsem se podrobněji rozepsal o multikoptérách, protože se jedná o nejpopulárnější a nejdostupnější bezpilotní systém pro amatérské i profesionální uživatele. Výcvikový program se tedy věnuje znalostem a umění letu s multikoptérou.

Návrh výcvikového programu se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části osnovy jsem zmínil okruhy znalostí, se kterými musí být budoucí pilot bezpilotního systému seznámen. Praktická část se skládá z výcviku na simulátoru, kde si pilot osvojí základy letu, poté z výcviku na malé multikoptéře a nakonec z typového výcviku, kde se student přeškolí na konkrétní typ multikoptéry. V praktické části jsem uvedl několik letových prvků a manévrů, které musí student na konci výcviku zvládnout pro bezpečné pilotování multikoptéry.

Doufám, že tato bakalářská práce pomůže k ucelení výcvikových programů, protože takové sjednocení v České republice stále postrádám. Je to jedna z cest jak podpořit a zlepšit bezpilotní oblast létání v naší zemi. [38] [37]

Bibliografické odkazy

[1] KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. Drony. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.

[2] KARAS, Jakub. 222 tipů a triků pro drony. Brno: Computer Press, 2017. ISBN 978-80-251-4874-7.

[3] Pravidla pro létání, aneb co vše s dronem (ne)smíte - DronPro. DJI experti DRONPRO: natáčíme | půjčovna | prodej | servis | bazar | největší letecká škola | ❤ komunita [online]. Copyright © Copyright DronPro.cz. Všechna práva vyhrazena [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://dronpro.cz/pravidla-pro-letani-s-drony/

[4] Historie dronů aneb Bezpilotní letouny v dějinách – SCIENCEMAG. SCIENCEMAG [online]. Copyright © Copyright 2018, Nitemedia s.r.o. [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://sciencemag.cz/historie-dronu-aneb-bezpilotni-letouny-v-dejinach/

[5] 1910s & 1920s - UAV universe. [online]. Dostupné z: https://sites.google.com/site/uavuni/1910-s

[6] Co je to bezpilotní letadlo, bezpilotní systém, model letadla?, Úřad pro civilní letectví. Úřad pro civilní letectví [online]. Copyright © 2001 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube/co-je-to-bezpilotni-letadlo-bezpilotni-system-model-letadla

[7] Co je dron?. Droneweb [online]. Copyright ©Droneweb.cz 2015 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://www.droneweb.cz/co-je-dron

[8] Předpisy pro létání s drony v ČR. Droneweb [online]. Copyright ©Droneweb.cz 2015 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://www.droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/37-predpisy-pro-letani-s-drony-v-cr

[9] Komerční využívání dronů zažívá boom. Zároveň ale roste počet přestupků | iROZHLAS - spolehlivé zprávy. iROZHLAS - spolehlivé a rychlé zprávy [online]. Copyright © 1997 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie_technologie/komercni-vyuzivani-dronu-zaziva-boom-zaroven-ale-roste-pocet-prestupku_201505030930_kwinklerova

[10] Mapování terénu dronem | OKdron.cz. Letecké fotografie a videa z dronu | OKdron.cz [online]. Dostupné z: https://www.okdron.cz/2017/11/09/mapovani-terenu-dronem/

[11] FeiyuTech G4 3-Axis Gimbal | mefoto.cz. mefoto.cz | Novinky, tipy a povídání nejen o fotografii a filmu, ale i cestování a poznávání.[online]. Copyright © Michal Soukup. Všechna práva vyhrazena. [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.mefoto.cz/2015/02/28/feiyutech-g4-3-axis-gimbal/

[12] Cardanův závěs. [online]. Dostupné z: https://leporelo.info/cardanuv-zaves

[13] Předletová příprava | Drony bezpečně. Drony bezpečně | Jak létat s dronem bezpečně a legálně [online]. Dostupné z: http://www.drony-bezpecne.cz/predletova-priprava/

[14] Seriál: Začínáme s drony: 3. Základy řízení. Droneweb [online]. Copyright ©Droneweb.cz 2015 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://www.droneweb.cz/zaciname/item/49-serill-zaciname-3-rizeni

[15] *Seriál: Začínáme s drony 5. První let. Droneweb [online]. Copyright ©Droneweb.cz 2015 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z:* http://www.droneweb.cz/zaciname/item/105-zaciname-drony-prvni-let

[16] Přesnost systému GPS - BERUNA WEB. BERUNA WEB [online]. Dostupné z: http://www.beruna.cz/text-presnost-systemu-gps/

[17] Předpis L2 – Doplněk X [online]. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf

[18] Předpisy pro létání s drony v ČR. Droneweb [online]. Copyright ©Droneweb.cz 2015 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://www.droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/37-predpisy-pro-letani-s-drony-v-cr

[19] Povolení k létání a leteckým pracím - AndruVision.cz. ✇ AndruVision - tvorba leteckých videí a fotografií dronem ✇ [online]. Copyright © 2017 AndruVision.cz [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.andruvision.cz/povoleni-k-letani-letecke-prace/

[20] Letadla bez pilota na palubě, Úřad pro civilní letectví. Úřad pro civilní letectví [online]. Copyright © 2001 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://www.caa.cz/letadla-bez-pilota-na-palube?lang=1

[21] Není třeba panikařit aneb Co přinese celounijní evropská legislativa pro drony - Lupa.cz. Lupa.cz - server o českém Internetu[online]. Copyright © 1998 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.lupa.cz/clanky/neni-treba-panikarit-aneb-co-prinese-celounijni-evropska-legislativa-pro-drony/

[22] Royal Aircraft Factory. Engineers at War From Home Front to Battle Front 1914-1918 [online]. Dostupné z: http://engineersatwar.imeche.org/photography-in-the-trenches/royal-aircraft-factory

[23] VTU L and PVO Sojka III/TV in Kbely - a photo on Flickriver. Flickriver - A new way to view Flickr photos and more... [online]. Copyright © by their respective owners [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://www.flickriver.com/photos/johnnyflight/24160965093/

[24] How to Fly a Drone: A Beginner's Guide to Multirotor Systems. Drone Training, Industry News, & Free Resources | UAV Coach[online]. Copyright © 2014 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://uavcoach.com/how-to-fly-a-quadcopter-guide/

[25] Obchod s RC modely [online]. Copyright © [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.rcskladem.cz/_obchody/www.rcskladem.cz/soubory/navody/drony/symax8hgwatermark.pdf

[26] 400 Bad Request. [online]. Dostupné z: http://www.rcuniverse.com/forum/beginners-85/10438228-mode1-mode-2-radio.html#&gid=1&pid=1

[27] DJI Mavic Pro | MALL.CZ. MALL.CZ – bílé zboží, elektronika, PC, outdoor, hobby, hračky, kosmetika, chovatelské potřeby [online]. Copyright © 2000 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.mall.cz/smart-hracky-drony/dji-mavic-pro?gclid=EAIaIQobChMIxo77-eSL3QIVK5PtCh0xcwNdEAQYAyABEgK5FvD_BwE

[28] Los riesgos de las máquinas autónomas | Radio Rural. Radio Rural | [online]. Copyright © 2016. Radio Rural. Todos los Derechos reservados [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: http://radiorural.uy/los-riesgos-de-las-maquinas-autonomas/

[29] E-flite Opterra 2M Wing BNF Basic (Česky (Czech)) . [online]. Dostupné z: http://www.rcking.eu/cs/jsem-zacatecnik/99723-e-flite-opterra-2m-wing-bnf-basic-0605482176825.html

[30] Northeastern to launch drone food delivery for students - News @ Northeastern. News @ Northeastern [online]. Copyright © 2018 [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://news.northeastern.edu/2017/04/01/northeastern-to-launch-drone-food-delivery-for-students/

[31] Pár vrtulí pro multicoptery 8x4,5 (levotočivá+pravotočivá). Modely, makety - Pecka Modelář [online]. Copyright © [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.peckamodel.cz/quadplast0845-par-vrtuli-pro-multicoptery-8x4-5-levotociva-pravotociva

[32] Baterie LiPol 800mAh 3.7V pro Dron Tracker. Obchod s RC modely [online]. Copyright © www.rcskladem.cz [cit. 27.08.2018]. Dostupné z: https://www.rcskladem.cz/cz-detail-901812209-baterie-lipol-800mah-3.7v-pro-dron-tracker.html

[33] Understanding Brushless Camera Gimbals - Droneflyers.com. Droneflyers.com - Quadcopter, Multirotor and Drones Resource Site[online]. Dostupné z: https://www.droneflyers.com/understanding-brushless-camera-gimbals/

[34] Windy: Wind map & weather forecast (also known as Windyty). Windy: Wind map & weather forecast (also known as Windyty)[online]. Dostupné z: https://www.windy.com/50.770/15.058?cbase,49.661,15.062,7,m:e3MagAg

[35] V-1 – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/V-1

[36] Bundesarchiv Bild 146-1973-029A-24A, Marschflugkörper V1 vor Start.jpg – הידפיקיו. [online]. Dostupné z: https://he.wikipedia.org/wiki/ %D7%A7%D7%95%D7%91%D7%A5:Bundesarchiv_Bild_146-1973-029A-24A,_Marschflugk%C3%B6rper_V1_vor_Start.jpg

[37] KELLER, Ladislav. Učební texty pro piloty UAS. 2. vydání. Praha: Dronim, 2017.

[38] 301 Moved Permanently. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: http://www.uavaliance.cz/wp-content/uploads/2018/10/02-md-prezentace-tp-drony-pravo-eu-a-cr-2018.pdf