



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
София, 1113, ул. „Акад. Георги Бончев” бл. 1, тел./факс +359 2 988 35 03
E-mail: office@space.bas.bg, Web-site: www.space.bas.bg

**ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА РЕАЛИЗИРАНЕ
НА ПЕРСОНАЛЕН АВИАЦИОНЕН ТРАНСПОРТ
В ГРАДСКА СРЕДА**

магистър Георги Петев Георгиев

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационния труд

за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

Научна област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.5 Транспорт, корабоплаване и авиация

Научна специалност: Динамика, балистика и управление на полета на летателни апарати (*Управление на персонален авиационен транспорт в градски условия*)

Научни консултанти:

1. Проф. д-р инж. Димо Зафиров – ИКИТ-БАН
2. Проф. д-р арх. Николай Тулешков – ВСУ Любен Каравелов
3. Prof. Dr.-Ing. Gunnar Grün – Fraunhofer IBP

Година на защита: 2020

Дисертацията е осъдена и допусната до защита на разширен семинар на секция АКС на ИКИТ-БАН, състояло се на 26.09.2019 г.

Дисертацията съдържа 137 страници, 25 таблици, 57 фигури и 115 цитирани заглавия, от които 12 релевантни публикации на автора.

Защитата на дисертацията ще се състои на от ... часа в зала 309 в ИКИТ-БАН, блок 1, на открито заседание на научното жури.

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в стая ... в ИКИТ-БАН, ул. „акад. Г. Бончев“ №1, блок 1

Автор: *Георги Петев Георгиев*

Заглавие: *Изследвания за реализиране на персонален авиационен транспорт в градска среда*

Тираж 5

Излиза от печат на 16.12.2019 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

Списък на съкращенията	5
1. Увод	6
<i>1.1. Актуалност на темата за градска мобилност</i>	6
<i>1.2. Обект и предмет на изследването</i>	7
<i>1.3. Цел и задачи на дисертационния труд</i>	7
<i>1.4. Методика на изследването</i>	8
<i>1.5. Аprobация на резултатите</i>	8
Глава I АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ГРАДСКАТА МОБИЛНОСТ	10
I.1. Анализ на проблемите в областта на градската мобилност	10
I.2. Сравнение на видовете градски транспорт	10
I.3. Развитие на инициативата UAM EIP-SCC	10
I.4. Изводи	12
Глава II ТЕОРЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА ГРАДСКА	13
АВИАЦИОННА МОБИЛНОСТ	
II.1. Идеализиран модел на UAM	13
II.2. Форсайт анализ на реализуемостта	17
на градската авиационна мобилност	
II.3. Изводи	21
Глава III МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ИНТЕГРАЦИЯ	22
НА АВИАЦИОННА МОБИЛНОСТ В ГРАДСКА СРЕДА	
III.1. Оценка на състоянието на подсистеми	22
на системата за авиационна мобилност	
III.2. Методология за интеграция	22
на авиационна мобилност в градска среда	
III.3. Изводи	27
Глава VI ВАЛИДАЦИЯ, ВЕРИФИКАЦИЯ И СИМУЛАЦИОННИ	28
ИЗСЛЕДВАНИЯ НА МЕТОДОЛОГИЯТА	
ЗА ИНТЕГРАЦИЯ НА UAM	
IV.1. Валидация и верификация на методологията	28
IV.2. Симулационни изследвания на полети за UAM	29
<i>IV.2.1. Методика на симулационните изследвания</i>	29
<i>IV.2.2. Симулационни изследвания на полети в Инголщат</i>	29
<i>IV.2.3. Симулационни изследвания на полети в Пловдив</i>	30
IV.3. Начални задания за технологични демонстратори	32
IV.4. Изводи	42

2. Дискусия	43
3. Общи изводи	44
4. Заключение	45
5. Авторска справка	46
<i>5.1. Научни приноси</i>	<i>46</i>
<i>5.2. Научно-приложни приноси</i>	<i>46</i>
<i>5.3. Приложни приноси</i>	<i>46</i>
6. Благодарности	47
7. Списък на публикациите и докладите по дисертацията и цитирания по тях	48

СПИСЪК НА СЪКРАЩЕНИЯТА

Съкращение на английски език	Значение на английски език	Значение на български език
ATM	Air Traffic Management	Управление на Въздушното Движение
BIM	Building Information Modeling	Система за моделиране на строителна информация
CAA	Civil Aviation Authority	Главна дирекция Гражданска въздухоплавателна администрация
CEN	European Committee for Standardization	Европейски Институт по стандартизация
COD	Carry-on-device	Мобилен устройствен – таблет или смартфон
CWA	CEN Workshop Agreement	Европейски пред-стандарт
DDS	Drone Detection System (for non-cooperative UAS)	Система за засичане на неидентифицирани и некооперативни UAS
DEP	Distributed Electric Propulsion	Разпределено електрическо задвижване
DU	Distribution Unit	Разпределителен елемент
EIP-SCC	European Innovation Partnership for Smart Cities and Communities	Европейско Иновационно Партньорство за Интелигентни Градове и Общини
EIP-SCC UAM	Urban Air Mobility initiative of EIP-SCC	Инициативата за UAM на EIP-SCC
eVTOL	Electric Vertical Take-off and Landing (vehicle)	Електрическо вертикално излитащо и кацащо превозно средство
FMS	Flight Management System	Автопилот на UAV
GIS	Geographic Information System	Географска Информационна система
HIL	Hardware-in-the-loop	Тест чрез вкл. програмиран хардуер (автопилот)
IMSI	International Mobile Subscriber Identity	Международна идентификация на ползватели на мобилна комуникационна мрежа
JV	Joint Venture	Съвместно предприятие
КПД		Коефициент на Полезно Действие
L+C	Lift + Cruise	Излитане и полет
LLB	Landesluftfahrtbehörden (Ger.)	Агенции за въздухоплаване на немските провинции
MC	Multicopter	Многороторен летателен апарат
MSDF	Multi Sensor Data Fusion	Обединяване на данните от сензори в UAV
MTOW	Maximum Take-Off Weight	Максимална маса на излитане
NFZ	No Fly Zones	Зони със забрана за полет
OWE	Operating Weight Empty	Оперативно тегло без товар
PAR	Phased Array Radar	Холографски радар
PAV	Personal Air Vehicle	Персонални ЛА
PMAD	Electric Power Management	Управление на ел. енергия
SIB	Sodium-ion battery	Натриева батерия
SIL	Software-in-the-loop	Тест чрез вкл. моделен софтуер в дадена система
SORA	Specific Operations Risk Assessment	Оценка на риска за конкретни операции
SUMP	Sustainable Urban Mobility Plan	План за устойчиво развитие на градския транспорт
UAM	Urban Air Mobility	Градска Авиационна Мобилност
UAS	Unmanned Air System	Безпилотна Авиационна Система (БАС)
UAV	Unmanned Air Vehicle	Безпилотен Летателен Апарат (БЛА)
UTM	UAV Traffic Management	Управление на въздушното движение на UAV
U-Space	Unified Space	Въздушно пространство за полети на UAV и пилотирани летателни апарати

1. Увод

1.1.Актуалност на темата за градска мобилност

Населението на света се концентрира в градовете. Очаква се 80 % от живеещите по света девет милиарда души през 2050 г. да обитават градските зони. Много от градовете трудно се справят със социални и екологични проблеми, които са в резултат на пренаселване, бедност, замърсяване и трафик.

Проучване на „Евробарометър“ сочи, че 9 от 10 жители на ЕС смятат, че положението с трафика в тяхната зона на обитаване трябва да бъде оптимизирано. Концепцията за устойчива мобилност отива по-далеч от справянето с проблемите с трафика и възможностите за транспортиране. Тя има и по-широко значение, което включва свързаността между регионите и достъпността и връзката на населените места с градските центрове, градското планиране и инфраструктура, темпа на икономическа активност и на живот на гражданите. Градските зони са жизненоважни за конкурентността и устойчивостта на европейската транспортна система.

Само в ЕС транспортните задръствания понастоящем струват почти 100 милиарда евро годишно. Това е само материалното изражение на несъвършенствата в съществуващите транспортни системи. От инциденти с автомобили в света загиват над 125 000 човека годишно. Дори и при неголеми разстояния се губят часове за придвижване до работното място и до дома. Всичко това силно влошава качеството на живот, поради което се търсят алтернативни транспортни решения, при които да се използват организационни и технологични иновации.

Затова осигуряването на ефективна мобилност в градските райони е ключово предизвикателство за бъдещото им развитие.

В момента по изискване на ЕС за всяко по-голямо населено място се разработват Планове за Устойчива Градска Мобилност SUMP. Основен недостатък на SUMP е, че са краткосрочни и в тях липсва дългосрочна визия за развитие на градската мобилност с използване на възникващите технологии. Градоустройствените планове оказват влияние на развитието на населените места десетилетия след приемането и изпълнението им, но в момента (с редки изключения) в тях не се предвижда, че в най-скоро време ще започне масово използване на електрически и автономни автомобили, както и на безпилотни въздушни транспортни средства. Това ще доведе до трудности при реализирането на екологична и икономична устойчива градска мобилност.

UAM е едно иновативно решение за проблемите на транспорта в градовете, използвайки третото измерение и нямайки нужда от особено много наземна

инфраструктура. За да може UAM успешно да бъде интегрирана както в контекста на въздухоплаването, така и в този на градското планиране, е необходимо релевантната съществуваща законова база да бъде синхронизирана с изискванията на този иновативен вид транспорт. Задължително е и формулирането на изисквания към UAV от страна на градското планиране, с цел тези да бъдат възможно най-безопасни, ефективни и вписващи се в съществуващата градска среда и нейните функционални и нормативни изисквания.

1.2. Обект и предмет на изследването

На базата на анализ са определени обект и предмет на изследването:

Обект на изследването е градската мобилност.

Предмет на изследването е възможността за решаване на проблеми на градската мобилност чрез използване на персонални безпилотни летателни апарати.

Като *хипотеза* е прието, че UAM е подходяща, реализуема и може да послужи за решаване на проблеми на градската мобилност.

1.3. Цел и задачи на дисертационния труд

На базата на извършените анализи за развитието на градската мобилност се определя следната ***цел на дисертационния труд***:

Да се извършат изследвания за основните изисквания, реализуемостта и етапите на развитие, като се предложи и методология за изграждане на система за авиационна мобилност в населени региони.

За реализиране на поставената цел на дисертационни труд се определят следните ***задачи на дисертационния труд***:

1. Да се извърши анализ на състоянието на градската мобилност
2. Да се направи Форсайт анализ и оцени реализуемостта за създаване на система за авиационна мобилност в населени региони.
3. Да се предложи идеализиран модел система за авиационна мобилност в населени региони и предложат етапи за реализацията му.
4. Чрез теоретични изследвания и модели да се определят и предложат начални изисквания към система за авиационна мобилност в населени региони.
5. Да се предложи методология за изграждане на система за авиационна мобилност, изследва реализацията ѝ в конкретни населени райони и направят симулационни изследвания за тях.

6. Да се изследват екологичната, социалната и икономическата ефективност на развитието на система за авиационна мобилност в населени региони.

1.3. Методика на изследването

Методиката на изследването е изпълнена по следната схема:

- на базата на информация от литературни източници, производители на UAV и експерти от множество релевантни дисциплини са определени проблемите пред градската мобилност;
- Разработва се идеализиран модел за решаване на определените проблеми – използването на безпилотни летателни апарати за градска авиационна мобилност (UAM);
- Извършва се Форсайт анализ и се определят основните насоки реализирани на UAM;
- Разработва се Методология за интеграция на UAM в градска среда;
- Методологията за интеграция на UAM в градска среда верификация с помощта на проведени експертни интервюта в рамките на няколко държави в ЕС със водещи експерти в подсистемите и съответно дисциплините на бъдещата UAM система;
- Извършват се симулации за два референтни града Пловдив (България) и Инголщат (Германия),

На базата на проведените изследвания, в края на всяка глава са описани изводите. А накрая на дисертационния труд изводите са обобщени.

Завършекът на цялостния труд е дискусията върху цялостното съдържание, както и обобщаването на перспективите за развитие по темата.

1.4. Аprobация на резултатите

Резултати по дисертационния труд за докладвани на семинари на секция АКСУ към ИКИТ-БАН, на научни форуми и са публикувани в научни списания в България и чужбина. Списък на публикациите и докладите по дисертацията и цитирания по тях е даден в края на автореферата.

СТРУКТУРА И СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационния труд се състои от увод, четири глави, общи изводи, заключение и списък на използваната литература. Номерацията на главите и параграфите съответстват на тези в дисертационния труд.

В **увода** се обосновава актуалността на темата и нейния научен и научноприложен характер. Формулиран е научен проблем и е заложена работна хипотеза. Определени за обекта и предмета на изследването, дефинирани са целта и основните задачи, посочени са ограниченията при които се извършва изследването. В **Глава I** се решава 1 научноизследователска задача, в **Глава II** се решават 2 и 3 научноизследователски задачи, в **Глава III** се решават 4 и 5 научноизследователски задачи, в **Глава IV** се правят симулационни изследвания на предложените решения и се решава 6 научноизследователска задача.

ГЛАВА ПЪРВА

АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ГРАДСКАТА МОБИЛНОСТ

В тази глава е анализирано сегашното състояние на градската мобилност и са определени основните проблеми, които определят незадоволителното ѝ състояние.

I.1. Анализ на проблемите в областта на градската мобилност

Конвенционалните транспортни методи в градския контекст в момента преживяват достигане до лимита им, в множество и различни градове в Европа, но и много интензивно в Азия. Фиксирането в едномерни криволинейни вектори – пътища, ЖП линии и въжени линии - на съвременните пътнически и товарни транспортни концепции забавя силно и почти спира нужната скорост на развитие на системите за обществен градски транспорт.

I.2. Сравнение на видовете градски транспорт

При индивидуалния автомобилен транспорт, най-вече недостатъчните шофьорски способности, акумулираният стрес при шофьорите и поведението по време на различните фази на шофиране концентрирани в два времеви периода с много интензивен пътен трафик през деня – сутрин и вечер са причина за голям брой пътни инциденти.

При обществения транспорт нуждата от професионални водачи на превозните средства, както и от координатори на движението, правят съществуващите варианти за него един скъп лукс за много общини.

Летателните апарати в момента се използват най-често за пътувания на средни и дълги разстояния. Този вид транспорт актуално изисква високо квалифициран пилотски и обслужващ персонал, високо финансово интензивна поддръжка и управление на трафика. Той има голям потенциал за развитие в градски условия.

I.3. Развитие на инициативата UAM EIP-SCC

Градовете на бъдещето ще бъдат населени още по-гъсто от преди, вертикалното строителство се е превърнало в неразделна част от бита в големите градове по целия свят. За бъдещето на мобилността трябва да се предприемат промени, защото изискванията към градския транспорт, качеството на въздуха и изменението на климата няма да бъдат по-малко или по-лесни за решаване в бъдеще. Пътищата стават все по-интензивно използвани, все по-дълги, въздухът се замърсява и използването на енергия става неефективно. Умният град се нуждае от множество иновации; това се отнася не само за многото иновации в технологиите, но и за интелигентната и безопасна мобилност, която остава чиста и устойчива през целия жизнен цикъл.

Един тип интелигентна мобилност беше представен съвсем скоро и търпи много бързо развитие: Urban Air Mobility (Градска Авиационна Мобилност), използваща третото вертикално измерение в системата за градска мобилност. За да се реализира това в градовете са необходими мултимодални и интердисциплинарни решения за бързо и успешно интегриране на UAM в процеса на градско планиране.

Има три съществени аргумента за въвеждането на UAM:

- Автомобилният транспорт и инфраструктурата са претоварени поради фиксирането на транспортните системи чрез едномерни криволинейни прави – пътища, ЖП линии, въжени линии и т.н. Третото измерение съдържа разнообразни възможности и скокът от първото към третото измерение по смисъла на транспортните системи и функциите на градовете ще даде възможност за силен тласък в увеличението на ефективността на транспорта.

- Технологиите се развиват толкова успешно и бързо, че отпада нуждата от човешкия фактор – управление на автономния транспорт в автомобилната индустрия и транспорт - се развиват. Транспортът с автономни превозни средства е много по-безопасен, тъй като причините за злополуки са статистически доказани от (умственото) претоварване и умора, а рискът е най-висок по време на час пик.

- Цената на транспорта при UAM ще бъде не по-висока от тази при сегашния конвенционален транспорт на пътници и дори по-ниска, поради отпадането на зависимостта от изкопаеми горива при задвижването на летателните апарати. В случая основният енергиен носител ще са акумулаторите, съхраняващи електричество от възобновяеми източници. Поради това и въглеродният отпечатък ще е по-нисък от този на сегашния транспорт, особено във фазата на достатъчно добре развити технологии за UAM.

За да може UAV да се използват като нова, ефективна форма на градска мобилност, в дисертацията е развита стратегия за интеграцията на UAM в градска среда.

Поради големия интерес по темата от страна на индустриалните, но и на общинските и политически заинтересовани страни от множество държави от ЕС бе стартирана обща Европейска инициатива по темата. Инициативата бе стартирана през 2017 година от Европейското Иновационно Партньорство за Интелигентни Градове и Общини. Тя обединява вече над 60 града и региона в рамките на ЕС, работещи в посока подготовка на интеграцията на UAM.

Инициативата се води от AIRBUS. Авиационният концерн работи в момента над различни концепции за UAM и при това активно си партнира с общини и други заинтересовани страни.

До момента присъединилите се към инициативата градове-членове са вече общо над 60, като Пловдив и Инголщат са едни от пионерите сред тях.

Именно чрез изграждане на локален капацитет и създаването на Европейска организация за обмен на знания и опит в областта на VTOL-UAM, състояща се от мрежа от инженери, юристи, архитекти, градоустройчици и икономисти, както и политици, системата може да бъде солидно подготвена и по-късно интегрирана в градската среда.

I.4. Изводи

1. Състоянието на градската мобилност в настоящия момент е незадоволително. При транспортирането на стоки и пътници се губи много време, замърсява се околната среда и има много жертви.

2. Сухопътната транспортна мрежа в градовете е претоварена често пъти до максимален предел и не търпи по-нататъшно повишение на обема на трафика без сериозни и скъпи реконструкции, като е достигната границата на съществуващата градска мобилност и е необходимо да се използват нови по-ефективни методи за транспорт;

3. От направения анализ се оценява, че UAM е необходима и реализуема.

4. За реализация на UAM е подходящо да се използва автономен въздушен транспорт с електрическо задвижване и вертикално излитане и кацане;

5. Безопасността и екологичността трябва да бъдат приоритет при развитието и интеграцията на UAM;

6. Както при конвенционалните транспортни методи в градовете, така и при UAM е необходимо да се разработи нормативна рамка за изграждането и експлоатацията ѝ.

Глава II

ТЕОРЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ЗА ГРАДСКА АВИАЦИОННА МОБИЛНОСТ

В главата са направени изследвания на възможните решения за подобряване на градската мобилност. Установено е, че сегашните решения не могат да задоволят изискванията на развиващите се градове.

II.1. Идеализиран модел на UAM

При интеграцията на UAM е препоръчително да се съблюдават следните необходими подсистеми и функции: управление на системата, инфраструктура, интеграция; регулация и законодателство; експлоатация и участие на гражданите в процеса.

За да е възможна експлоатацията на UAM в конкретна община е необходимо осигуряването на всички подсистеми и експертни екипи за всеки един случай.

Най-перспективната от разглежданите технически платформи, според множество параметри за оценка, измежду платформите на Volocopter, Lilium, E-Hang, Airbus Vahana, CityAirbus, UBER Elevate, е **Pop.Up**.

В началото на 2017 г. AIRBUS, Italdesign и AUDI представят своя проект за интегрирана динамична модулна автономна система за наземен и VTOL въздушен транспорт на пътници и товари.

Системата се състои от три модула: модул за движение по пътища, пътническа капсула, модул за предвижване по въздух.



Фиг. II.1 Концепция Pop.Up на Airbus

В основата на концепцията е капсулата: предназначена за настаняване на пътници. За придвижване по пътища капсулата се свързва към наземния електрически модул.

За пътувания в големи градове с интензивен наземен транспортен трафик, пътническата капсула се отделя от наземния модул и се пренася от въздушен модул. В тази конфигурация Pop.Up се превръща в автономно градско UAM превозно средство, като се възползва от третото измерение, за да постигне ефективно от А до В.

След като пътниците достигнат местоназначението си, модулите се връщат автономно в станции за презареждане и изчакат следващи клиенти.

Благодарение на възможността за комбиниране на капсулата и с други средства за обществен транспорт, Pop.Up предлага безпроблемно пътуване. Потребителят може да остане за цялото пътуване в една и съща капсула, без да се притеснява да превключва между различни режими на пътуване и да се наслаждава на цялото време на път, като интегрира в реално време от капсулата с околната градска среда и гражданите.

Поради универсалния характер на концепцията и плавното преминаване от наземна към UAM, в настоящата разработка се разглежда именно тази система за UAM.

AIRBUS Pop.Up беше официално представена в края на 2018 г. на Amsterdam Drone Week, където беше оповестена и Амстердамската декларация за дроновете.

По голямата част от движението на ЛА при изпълнение на мисия за UAM е установен хоризонтален полет, при който се изразходва основната част от енергията му. Направено е сравнение между енергийната ефективност на коптер и самолет.

За да се извършва установен хоризонтален полет или висене с коптер сумарната му тяга трябва да е по-голяма или равна на неговото тегло $P_{sum} \geq W$.

За да се извършва установен хоризонтален полет със самолет сумарната му тяга трябва да е равна на неговото съпротивление $P_{sum} = D$, а подемната сила - равна на неговото тегло $L=W$. Аеродинамичното качество на самолетите е отношението на подемната сила към съпротивлението и в повечето случаи е по-голямо от $L/D > 10$, тогава сумарната тяга $P_{sum} = D < L/10$.

Ако за двигатели на UAV за UAM се използват пропелери, то и за коптера и за самолета, техният к.п.д. ще е почти еднакъв (около 80%). Тогава следва, че самолета ще изразходва над 10 пъти по-малко енергия от коптера и съответно ще е много по-енергоефективен.

Нормативната база, третираща устройството на териториите, градското и областното, както и националното пространствено планиране и развитие, е комплексна

и се състои от закони, норми, устройствени планове, стратегии, пътни карти и спогодби.

Инициативата за градска въздушна мобилност на ЕК има за цел да допринесе за създаването на пазар за градска въздушна мобилност, който обединява градове и региони с фирми, позволява да се демонстрират иновативни решения за градска мобилност и, където е възможно, да се подкрепя тяхното мащабиране.

В рамките на инициативата биват проучени и оценени редица демонстрационни проекти в градовете в Европа, което ще превърне градската мобилност в трето измерение в Европа. Тази работа е приведена в съответствие с текущите и бъдещите проучвания, включително демонстрации, финансирани от съвместното начинание SESAR, включвайки управлението на трафика на дроне в Европа, което придвижва концепцията с една стъпка по-близо към визията на Европейската Комисия относно пространството за осигуряване на безопасен и сигурен достъп до въздушно пространство за UAV. С доказани ползи за гражданите и тяхното одобрение, разработването на пазар за дроне и услуги ще създадат работни места и икономически растеж в Европа.

Особено в градските райони гражданските UAV могат да бъдат начин за посрещане на нуждите от мобилност, както и преодоляването на извънредни ситуации в градска среда - например спешни нужди по здравеопазването и сигурността, както и задръствания. В момента преодоляването на трудностите при изпълнение на тези услуги струва повече от 100 милиарда евро годишно само в ЕС.

В декларацията се подчертава и ангажиментът към безопасни, сигурни и екологично чисти UAM дейности, които спазват неприкосновеността на личния живот. Инициативата има за цел да допринесе за всички тези аспекти и особено за разработването на демонстрационни проекти в тясно сътрудничество с местните и / или регионалните власти.

Картографирането, инспекциите на инфраструктурата, прецизното земеделие, доставката на стоки и електронната търговия са само някои от възможните услуги, използващи БЛА. Ясна правна рамка на равнището на ЕС би позволила създаването на истински европейски пазар за БЛА услуги и за БЛА, като по този начин се използва потенциалът за създаване на работни места и растеж в този нов сектор на икономиката.

U-Space е набор от нови услуги, разчитащи на високо ниво на цифровизация и автоматизация на функциите и специфични процедури, предназначени да поддържат

безопасен, ефективен и сигурен достъп до градското въздушно пространство за голям брой БЛА.

U-Space е реализационна рамка, предназначена да улесни каквато и да било рутинна мисия във всички класове на въздушното пространство и всички видове околна среда - дори и най-претоварените - като същевременно се занимава с подходящ интерфейс за комуникация с пилотираната авиация и човешкия управление на въздушното движение.

Постигането на интеграцията на UAV ще бъде итеративен процес. Колкото повече услуги и операции биват въведени, UAV ще бъдат постепенно интегрирани във всички видове и класове на въздушното пространство, докато се стигне точката на пълна интеграция на БЛА във въздушното пространство, както и съществуващите транспортни системи.

По време на този процес пилотираната и безпилотната авиация ще се развият още, и то при условията на постоянна възможност за трансфер на технологии и развой между двата вида авиация, допълвайки се в еволюцията.

В дисертацията са взети под внимание начални системни разработки на следните екипи: UBER, Porsche Consulting и AIRBUS.

При UAM става дума винаги за системен подход при планирането и интеграцията, ако се изисква успешен резултат. Защото този вид мобилност е едновременно много по-гъвкав от всички други съществуващи до момента, но и свързан с много видове инфраструктура и взаимни зависимости с функции на транспорта и живота в градовете. Поради тази причина се изисква комплексно планиране и постоянен интердисциплинарен подход, движейки се по предварително точно определени правила за бранша.

Очевидно UAM има за цел да удовлетвори желанието на гражданите за вертикална въздушна мобилност от врата до врата, което значи, че интермодалността и регулативната база ще трябва да бъдат максимално добре развити.

UAM е висша проява на въздушната автономна персонална електромобилност. Т.е. пътникът бива транспортиран с електрически задвижвано автономно превозно средство, негенериращо вредни емисии в градска среда, неизискващо каквито и да било пилотски умения от пътниците. Това е споделена транспортна услуга за въздушен транспорт на пътници и товари между и в градовете, при максимално постигане на модела от врата до врата, прилагайки принципите на автономната електромобилност.

Тази концепция дава възможност с минимални намеси в градската среда да де въведе UAM в експлоатация. И точно тук ролята на многофамилните сгради с етажна собственост се откроява като важна, с оглед потенциала на тази типология за интеграция на общите части – покривни площи, асансьори и стълбища, защото те най безпроблемно могат да предложат нужната споделена наземна инфраструктура за Vertiport, т.е. за излитане и кацане на UAV, както и за придвижване на пътници и товари до тях. Разбира се това ще е възможно само при осигурената сигурност и надеждност както за пътниците и гражданите, така и за живущите в тези сгради.

За целта ще се приложат вече конвенционалните системи за интелигентно изборително заключване на врати и използване на асансьори и стълбища – с транспондери за живущите и без такива за пътниците на UAM. Последните ще могат да влизат в асансьорите и стълбищата само от партера до покривния етаж и обратно. А е сигурно, че често ще се налага подсилване на носещите покривни конструкции на тези сгради, както и модернизацията на осигуряващите системи. Тези действия ще могат да бъдат финансирани чрез приходите от отдаване под наем на общите площи на операторите на Vertiport-овете и UAM.

Нужно е техническите решения за Vertiport да бъдат максимално системни, респективно модулни, така че да може да се постигне високо качество на генеричност при изграждането на тази необходима за UAM наземна инфраструктура.

В следващия материал авторът е развил три основни конструктивни и смислови системи за Vertiport, които са базирани на принципите на модулност, екологична устойчивост, възможност за много кратна повторна употреба, конкурентна цена и липсваща нужда от квалифицирана работна ръка за изграждането им.

II.2. Форсайт анализ на реализуемостта на градската авиационна мобилност

Форсайт анализът служи главно като градивен елемент за методично обоснован поглед върху стратегическото планиране. Процесът за анализ Форсайт се занимава с новата технология на UAV, които ще се използват в градовете в рамките на UAM. Става дума за разширяване и конкретизиране на гледната точка, както и на перспективата за бъдещото развитие на UAM, за да се получи ясна картина на възможностите за действие, както и препоръки и начални условия.

Следователно той предоставя маркиране на основните линии за стратегията за интеграция. Анализът се състои от няколко последователни нива, които описват бъдещото поле на възможно интегриране на UAM в съществуващата градска среда и

процеса на градско планиране. В този анализ се обсъждат и тематично се развиват и задават полетата за действие, които са важни в дългосрочен план за успеха на интеграцията на UAM.

Той се използва тук като метод за очертаване на необходимите области за развитието на стратегията, за да се идентифицират предизвикателствата и очертаят първоначалните решения за тях. След разработването на целевата ситуация и картина, полетата за действие са анализирани и мерките за разрешаване на проблемните ситуации са подредени съответно по отдел или подтема. Въз основа на това се създава една обща картина, която води към по-задълбочен анализ и процеси. Въз основа на Форсайт анализа в конкретен случай за приложение могат да се формулират обосновани решения за трудните въпроси и да се дефинират препоръки за действие в дългосрочна перспектива.

Форсайт анализът е избран като най-подходящия метод за конкретното изследване, главно заради същността си и времевия си обхват. За разлика от повечето методи за анализ на настоящата ситуация и предвиждане на развитието на дадена тема в бъдеще, Форсайт анализът позволява основна проверка на тези и съждения, върху които се крепят актуални стратегии за развитие на дадени области от икономиката и промишлеността, както и образованието и политиката относно тяхната правилност и логичност. А прогнозирането на бъдещето при Форсайт анализа не се базира просто на проследяване на емпиричните характеристики на даден процес от миналото до днес, а на въвеждането на изцяло нови постановки и стратегии за бъдещото развитие на даден проблем от настоящето, върху който досега или изобщо не е работено, или е работено по други, вече неактуални стратегии за развитие.

Благодарение на тези си характеристики Форсайт анализа надхвърля времевия обхват на повечето от останалите аналитични методи, които се ограничават до средносрочен хоризонт, и позволява поглед в далечното бъдеще по дадена тема или проблем. И тъй като UAM интеграцията в градска среда и иновативна тема, отнасяща се до бъдещето на мобилността в градовете по начин неизследван досега, е редно именно този аналитичен инструмент да се използва.

За да се разработи обща стратегия за интеграция, първата стъпка е да се обсъди защо UAM е от значение за градовете на бъдещето. Във втора стъпка може да се направят заключения, въз основа на резултатите от първата стъпка, относно настоящите и потенциалните участници и заинтересованите страни. След внимателно разглеждане на тяхното портфолио, целите на съответните заинтересовани страни

могат да бъдат обяснени и анализирани по отношение на възможните предизвикателства, рискове и възможности. Процесът на интеграция включва редица различни предизвикателства, които имат повече или по-малко въздействие.

Потенциалната икономическа полза от интеграцията на UAM е висока, но желанието да се използва UAM навсякъде и по всяко време трябва да бъде балансирано спрямо фактори като безопасност и безопасна експлоатация в авиацията, както и възприемането от страна на населението. Ако рискът от злополука с други обекти във въздуха или от други неблагоприятни ефекти върху хората и имуществото във въздуха и на земята е прекалено висок, и няма решения за тези предизвикателства, UAM не може да бъде реализирана. Поради тази причина предварителните резултати на този анализ вече показват, че целият спектър от определящи фактори трябва да се разглежда в неговата пълна интердисциплинарна форма при интеграцията на UAM. Впоследствие се извършва разпределяне на различните специализирани области като планиране, въздухоплаване, закони и разпоредби, както и експлоатация.

Предизвикателствата за градоустройството и строителството включват обследваните конструкции на сгради, които могат конструктивно да носят тежестта на Vertiport, включително и на UAV и пътниците.

Освен това противопожарната защита е преди всичко основно предизвикателство в града поради гъстото заселване и трябва да бъде централно за интеграцията на UAM.

Едно от ключовите предизвикателства за интегрирането на UAM е осигуряването на приемливо ниво на шумово замърсяване. Това трябва да се вземе предвид както при определяне на маршрутите на полета, така и при планиране и изпълнение на транспорта. Ако това не е разбрано и не се спазва по-специално от производителите на UAV, тогава вече съществуващите технически решения VTOL-UAM няма да намерят приложение в градовете.

Интензивната системна експлоатация на въздушна мобилност в градски условия изисква физически точки за контакт или терминали между авиацията и градската инфраструктура. Това са Vertiportове (за излитане, кацане, зареждане, ремонт, паркиране и др.), които трябва да бъдат оптимално интегрирани в съществуващата строителна тъкан. Тази интеграция включва не само строителството, но и свързването с градската инфраструктура за снабдяване и извеждане (електричество, (отпадни) вода, отпадъци и пречистване на вода от замърсявания на място.

Един от най-важните приоритети е UAM да се включи в публичните разпоредби (въздушни разпоредби) и в стандартизираната координация на полетите, безопасността на полетите и националния контрол на полетите. Една стъпка към постигането на тази интеграция е разработването на начални изисквания и съставянето на така наречения каталог от изисквания към изградената градска среда, например безпрепятствен достъп до наземна инфраструктура на UAM, както и за зареждащи станции и споделена инфраструктура, както и изисквания към експлоатацията на UAV от гледна точка градоустройственото и строителното планиране. Като част от тази стратегия, началните изисквания трябва да се разработват и представят стъпка по стъпка въз основа на предишни анализи, като и трябва да се използват в съответния контекст. В следваща стъпка това ще доведе до конкретни мерки за интегриране на UAM в града (противопожарна защита, мерки за шумоизолация, участие на гражданите). След задълбочено проучване на тях, може да се изработи каталог за оценка, включващ критерии, чрез които да се изследват потенциалните райони за Vertiport-ове в града. Като цяло, има нужда от списък с ресурси, както финансово, технически, така и в човешки ресурси, за да се покрият подобаващо областите на компетентност, необходими за успешното интегриране на UAM в градския контекст. В крайна сметка също трябва да се анализира как UAM може да допринесе за качеството на живот в градовете и за жителите, както и в същото време за устойчиво опазване на ресурсите. Трябва да се гарантира безпрепятственият достъп на пътници до наземната инфраструктура на UAM и съответно на дадени UAS и UAV. Освен това е необходимо интегрирането на UAM в съществуващите системи за пътувания и резервации на полети.

Всички показани тук решения трябва да се разбират само като подходи, които са обяснени по-подробно в следващите глави. Въпреки това е важно да се отбележи, че интеграцията на UAM винаги зависи от конкретния случай и тази стратегия трябва да се счита за начална и възможна, а не за универсална и задължителна. UTM осигурява системно техническо решение за интегриране на UAM.

Ще трябва да има обща система за регистрация на UAV, която в момента се разглежда и обмисля от EASA. Тя ще има за цел да регистрира всички UAV във въздушното пространство и да ги направи разпознаваеми. Тя ще трябва да е оборудвана със системи за Geofencing, които могат да предотвратят неразрешено прелитане над зоните със забрана за полети.

Заедно с един предложен от автора „координационен център“ за UAM, който е изцяло виртуално понятие и е резултат от UTM, който координира както правните, така

и оперативните аспекти и действия въз основа на набор от начални изисквания и оценка и последователност на работния процес в контекста на една стратегия за протичане на процеса на интеграция, може да се постигне успешната интеграция на UAM.

II.3. Изводи

1. За реализация на UAM предстои развитието на сложна система за персонален въздушен транспорт на товари и пътници.

2. Летателните апарати, подходящи за реализация на UAM са във фаза на развитие, изпреварваща развитието на всички останали подсистеми.

3. Необходимо е да се ускори развитието на системата за управление на полетите в градски условия.

4. В Плановете за устойчиво развитие на градската мобилност трябва да се включат мерки за поетапно внедряване на UAM.

5. За създаване на нормативни документи за използване на UAM може да се разработи обща рамка, независимо от града, в който ще се прилага

6. Предложената методика за Форсайт анализ може да се използва в началния етап на планирането на внедряване на UAM за конкретно населено място, като в следващи етапи се отчетат специфичните му особености.

Глава III

МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ИНТЕГРАЦИЯ НА АВИАЦИОННА МОБИЛНОСТ В ГРАДСКА СРЕДА

III.1. Оценка на състоянието на подсистеми на системата за авиационна мобилност

В момента на пазара на UAV има производители с вече готови технически решения за UAM. Сега тези компании започват да разбират за силната необходимост от разбирането и регулирането на оперирането на UAM в условия на гъсто застрояване и комплексността на градовете.

Градовете имат спешна нужда от високо ефективни транспортни методи, които производителите вече могат да им предложат. Но свързващият елемент, а именно регулираният процес на интеграция и експлоатация на UAM, все още не е дефиниран и тестван, а е решаващ за успешната интеграция на UAM.

В Германия се наблюдава усилен дейност по темите на UAM, вкл. и в рамките на участието на няколко германски сграда в инициативата UAM на EIP-SCC.

III.2. Методология за интеграция на авиационна мобилност в градска среда

За да се разработи обща стратегия за интеграция, първо трябва да се обсъди кои са заинтересованите страни в UAM и как те могат да бъдат структурирани. След задълбочен анализ, следващото Фигура показва четирите категории, обхващащи заинтересованите страни. Разделени са на политика, авиация, икономика и население и се базират на ситуацията в Германия, но са максимално формализирани, за да може тази класификация да се прилага и в други държави.

В следваща стъпка биват анализирани потенциалните проблеми, рискове и изисквания пред интегрирането на UAV в градска среда.

Когато един специалист започне да се занимава с интеграцията на UAM в градските среда и планиране, обикновено той приема, че наземният риск е много по-висок от риска на полета. След по-подробен анализ на възможните предизвикателства и рискове става ясно, че проблемите могат да се появят еднакво във въздуха и на земята. Причината за това е, че при UAM се очаква висока интензивност на полета над гъсто застроено, тясно градско пространство, което води до необходимостта от нова ситуация за управление на полетите.

В бъдеще UTM системите може да осигурят решения на много от тези проблеми, като например: намаляване на риска от сблъскване, подбор на оптимални

маршрути на полета и управление на цялостното опериране на UAM (наземно и въздушно).

Различните заинтересовани страни преследват различни цели при прилагането и функционирането на UAM. Повечето заинтересовани страни имат една основна цел: възможно най-голяма икономическа изгода. За производителите на UAV това се отразява във високите данни за продажбите. Те могат да бъдат постигнати само ако има стандартизирани указания за UAV. Политиците определят тези стандарти в тясна консултация и координация с авиационните надзорници, за да осигурят безопасен въздух и градско пространство. За да се работи безопасно, са необходими безопасни и ясни указания за използването и изграждането на UAV и Vertiport-ове, въз основа на които производителите и операторите могат да адаптират своите продукти. Доставчиците на застраховки и финанси виждат тук най-важната си цел: високи печалби от голям брой застраховки и заеми за икономиката. Общината, заедно с офисите, определя каталог с изисквания, който може да се използва като ръководство и наръчник за проектиране за планиране на върхове. Човек също може да оцени сградите с помощта на матрица и да провери дали е подходящ.

По този начин операторът на UAM може по-добре да планира върху кои сгради би могъл да бъде разположен Vertiport. По същия начин операторът трябва да осигури застраховка при оперираните от него полети, автоматизирано заедно с резервацията на полета. За да можем да направим всички тези цели възможни, е необходим структуриран процес, който е локално ориентиран към условията на града и региона и може да бъде описан във вид външно управление на проекти.

Vertiport-ът е място или инсталация, която е основна част от наземната UAM инфраструктура и има за цел обслужването на UAV във фазите излитане, кацане, паркиране, такси, поддръжка, смяна на батерии и т.н.

В дисертацията се изхожда от законовата рамка за строителство и поддръжка на хеликоптерни площадки, която е добре регламентирана във всички ЕС държави и в тези има дългогодишен опит в експлоатацията им.

В теоретичната част авторът подробно се занимава с развитието на технически конструктивни концепции за бързо и лесно строителство на Vertiport, без нужда от квалифицирани сътрудници, заети в тази дейност.

Със сигурност градската среда – съществуваща обществена инфраструктура, съществуващите сгради и новите сгради ще се напасват на изискванията на UAM до определена степен. Важно е тук да се спомене, че поради определени функционални

параметри на сградите, ще трябва и UAV платформите да отговарят на функционалните изисквания на сградите.

Разгледани са изискванията, които са необходими за UAM интеграция от гледна точка на градоустройството и строителството. Федералната агенция по околна среда ще изисква доклад за опазване на природата и Проучване за защита на видовете ASP I & II. За безопасността на населението трябва да бъдат представени концепции за противопожарна защита на UAV. Населението не трябва да бъде излагано на високи нива на шум, тъй като това е опасно за здравето. Трябва да се изготви подробно доклад за шума за въздействието върху околната среда, тормоза или недостатъците за широката общественост и околната среда. Аеродинамична възможност за по-добро развитие на звука би било използването на така наречените канали с вентилатори. Трябва да се определят и полетни маршрути и коридори за полети, в рамките на които ще се извършват пристигания и излитания.

Процесът, описан тук, обхваща периода от искането на клиент за разрешение за строеж на Vertiport до първия полет на UAV от новия Vertiport. Приема се, че клиентът, оператор на UAM, се нарича Wing.

Ако Wing сега поиска разрешение за изграждане на Vertiport или въвеждане в експлоатация на UAV в община в Германия, трябва да се имат предвид различни аспекти. Този процес е интердисциплинарен и се основава на много регулации от различни органи, свързани с целевата авиация и развитието на почвената инфраструктура, тъй като сигурността на гражданите винаги е най-важният приоритет.

Успешният път към интеграцията на UAM е именно балансът между нуждите и изискванията на UAV и Vertiport производителите и операторите, градовете, сградите, а и тези на застрахователите и юристите.

Предложената Методология за интеграция обхваща период от шест години, започващ с искането до Общината от страна на дадена фирма оператор на UAM. Като част от стратегията за дигитализация и инициативата Smart City ще бъде създаден Център за координация на Smart City UAM, който ще се грижи за различните въпроси и ще назначи контакти и ще препрати въпроса. Като част от стратегията за интеграция, от една страна, се разработва набор от начални изисквания, а от друга – работна последователност (т.е. работен процес). Решението за оценка е инструмент, който систематично оценява пригодността на изградената среда като инфраструктура за UAM по отношение на определени критерии. Процесът на разработка изисква тази класификация по отношение на целите на UAM и най-добрата възможна интеграция.

Тази мрежа не само привлича околната среда, изградена около „външните“ характеристики, като например статична и противопожарна защита, но и ситуацията в града или в горещите точки на транспорта, за да се оцени колко разумен е прелетът над хората и градовете. Начална точка. Този процес изисква различни служители на UAM (градската администрация) с опит в инженерната и планиращата наука.

За осигуряване на генерална сигурност на проекта за площадка за кацане трябва да се направи преглед на капацитета за лицензиране на авиация на много ранен етап на планиране. Това проучване за осъществимост разглежда темата за планиране по отношение на полетните операции и аспектите на безопасността на полета, вида на конструкцията, крайното положение и дължина на имота или сградата, размера на площта за кацане в зависимост от редовно приближаващите се UAV. Поради сложното и интердисциплинарно планиране, предложението за итеративен подход, чиято цел е да се използва пестеливо пространството и да се избегне възможно най-голяма намеса в съществуващите сгради.

Фигурата по-долу показва схематичния работен процес за интегриране на UAM в града. Въз основа на заявка на фирмата стъпките се показват до старта на UAM експлоатацията. Разделението от 4 части включва стъпките на събиране на данни, управление на процеса, правила и разпоредби, изграждане (след успешно одобрение) и въвеждане в експлоатация. В първата стъпка тя се състои от класическото планиране на земеползването и след това допълнително се разширява от колоните "Правила" и "Експлоатация".

Тук е важно да се отбележи, че модулният процес на изграждане би бил подходящ, за да даде възможност за ускорен процес. Процесът ще изисква по-малко усилия и по този начин ще бъде по-бърз и по-ефективен. Стандартизираният процес на одобрение опростява планирането на земеползването и потенциалните оператори имат икономически предимства.

За да се оценят подходящи потенциални площи, предопределени за UAM в изградената среда, е необходима дефинирана основа за обективното разглеждане на градската структура с всички нейни особености. Въз основа на това разбиране, което вече е определено в прогнозния анализ като ясен компонент на стратегията за интеграция, сега следва схема за оценяване от три части, която обхваща най-важните аспекти, които трябва да бъдат оценени. Ще може да се направи консултация с експерт в тази стъпка или да се накара Службата за градско развитие да реши тази задача самостоятелно. Координационният център предлага интердисциплинарен подход от

гледна точка на различни експерти, които заедно анализират аспектите и ги оценяват за потенциална градска интеграция. Според това експерт от една част от мрежата може да даде своето мнение. Частите включват градско планиране, структурно планиране и авиация. В този табличен вид анализът и оценката на потенциалните площи и инфраструктурни елементи могат да се извършват систематично. По този начин се изследват основно възможните райони на съответния град и се характеризират качествено и количествено, за да се добие преглед на предимствата и дефицитите, възможностите и изискванията за действие в отделните райони.

Параметри за оценка	Необходимо (X)	Препоръчително (Y)	Важност (1 – 10)
Градско планиране			
Градска топография			
Местоположение			
Компенсационни площи (екология)			
Плосък покрив на висока сграда			
Достатъчна площ на покрив за място за излитане и кацане			
Инфраструктура за експлоатация и диагностика/ремонт			
Добра връзка към обществения транспорт, таксите и мултимодални транспортни спирки и станции			
Добра достъпност на сградата			
Зарядни станции			
Споделена инфраструктура			
Споделено зареждане			
Централна контролна система за UAM експлоатацията			
Сигурност			
Концепция за пожарна безопасност и спасителни пътеки			
Място за оставяне и взимане на хора и стоки			
Никакво усиливане на транспортната натовареност на дадено място в следствие на активния Vertiport и UAM			
Паркинги в и до сградата (за автомобили, велосипеди, таксите)			
Обследване на градския микроклимат, наблюдения и измерване на метеорологичните условия			
Проектиране на сгради и съоръжения			
Станция за услуги за пътници, зона за изчакване и качване и слизане			
Информация и помощ за безпроблемно качване и слизане от UAV			
Шумоизолация на сградата (прозорци, врати, стени, плочи, покрив)			
Възможност за зареждане на батерии на UAV			
Асансьор и стълбище до покрива			
Фотоволтаични инсталации			
Сигурност при качване и слизане от UAV, сигурни пешеходни пътеки за пътници			
Проверка за безопасност			
Въздухоплаване			
Сигурност: UTM			
Летателни коридори или тунели (широчина)			
Профил на полета (подготовка на полета, излитане, заминаване, прелитане, заход за кацане, кацане)			
Система за управление на полета за пресмятане на най-ефективния маршрут			
Маршрути на полета			

Таблица III.1. Матрица за оценка на пригодността на градската среда и сградния фонд за монтаж или изграждане на Vertiport

Матрицата за оценка трябва да се разглежда като основен инструмент за анализ на пространствените условия и особености на градското пространство. Въз основа на това е възможно да се изработи диференциран пространствен анализ, за да се идентифицират потенциалните и проблемните зони в градското градско пространство и да се разработят конкретни стратегии и мерки за това как и, по-важното, къде могат да бъдат интегрирани UAV в контекста на UAM.

Събраната информация от мрежата може след това ще бъде обработена с помощта на 3D GIS и по този начин да се видят подходящите повърхности. Пространствените качества като добрата достъпност на обществения транспорт (като се вземат предвид широк спектър от видове транспорт, както на къси, така и на дълги разстояния) дава възможност да се идентифицират области с особена пригодност. На този фон може да се появи класификация, която отбелязва структурните характеристики и параметри и ги подготвя за по-късна препоръка или становище.

III.3. Изводи

1. UAM е сложна интердисциплинарна система от системи.
2. За всички подсистеми на бъдещата UAM система е необходимо да се дефинират областите за развитие и възможните решения.
3. Особено внимание при проектирането на UAM трябва да се отдели за постигането на безопасност и сигурност, по-високи от тези, които са постигнати в момента за гражданската авиация.
4. Предложената Методология за интеграция на UAM в градска среда може да се използва в началния етап на планирането на внедряване на този вид мобилност в конкретно населено място, като в следващи етапи се отчетат специфичните му особености.
5. UAM се очертава като сериозен конкурент в спестяването на време и средства на съществуващите в момента възможности за градски транспорт.
6. UAM също е подходящо средство за подобряване на екологичната обстановка в градовете.

Глава IV

ВАЛИДАЦИЯ, ВЕРИФИКАЦИЯ И СИМУЛАЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА МЕТОДОЛОГИЯТА ЗА ИНТЕГРАЦИЯ НА UAM В ГРАДСКА СРЕДА

IV.1. Верификация и валидация на методологията

След дефиниране на изследователска тема и въпрос бяха оценени възможните индуктивни методи за получаване на мнения на експерти. Системният анализ на прогнозата създаде основата за интервютата, анализира възможните предизвикателства и заинтересованите страни. С качествено изследователско интервю се търси валидирането и проверката на компонентите на стратегията за интеграция на UAM. Основната задача в процеса на интервю е да се разбере значението на това, което говорят интервюираните. Човек може да направи това, като декодира изявленията, проведени в интервюто, и на по-късна стъпка поставяне на кодовете в предишно определени тенденции, напр. шум, регулации, роля на общината и др. Чрез литературния и прогнозни анализ тенденциите и аспектите се появиха естествено.

Качествените изследователски интервюта се стремят да обхванат както фактическо, така и смислово ниво. Много е полезно да разгледате мнението и опита на участниците за проучване на отговорите. С този инструмент за измерване е необходима актуализирана версия на стратегията и по-късно финализирана след повторен процес, описан в следното:

- Тематизация: защо интервютата и каква е темата на изследването:
валидиране и проверка;

- Проектиране: планиране на дизайна на проучването;
- Интервю: провеждане на интервю въз основа на ръководство;
- Транскрибиране: подгответе материалите за интервю за анализ;
- Анализирание: вземане на решение за цел, тема, същност и методи за анализ;
- Проверка: установяване на валидността на констатациите (ако е възможно);
- Отчитане: съобщаване на резултатите въз основа на научни критерии.

След провеждане на експертните интервюта следва резултатите и ясните тенденции да се обобщят в една опростена таблица за целта, спрямо професионалните групи и техните отговори по категории, както следва:

Тенденции	Шумово замърсяване	Регулации и законодателство	Приемане от гражданите
Общински сътрудници	X	X	X
Учени	X	X	X
Юристи		X	X
UAV производители	X	X	
Пилоти гражд. авиация	X	X	

Таблица IV.1. Тенденции в отговорите на интервюираните експерти

IV.2. Симулационни изследвания на полети за UAM

IV.2.1. Методика на симулационните изследвания

За симулационните изследвания се отчитат морфологията, съществуващите транспортни системи и инфраструктурата в референтния град Пловдив, както и нуждите от подобрене на транспорта.

Преди провеждане на симулациите на полети, се разглежда разработения от автора план за реализация на UAM в Пловдив и региона, като вярмева и смислова последователност.

За анализ на полетите с UAV коптер са направени симулации на полетите със софтуерния продукт Mission Planner.

IV.2.2. Симулационни изследвания на полети в Инголщат

Инголщат е средно голям германски град, намиращ се недалеч от Мюнхен, в областта Горна Бавария.

В общината и региона се намират производствени мощности на AUDI и AIRBUS, както и бързо развиващия се Технически Университет.

Градът е с най-висок стандарт на живот в цяла Германия. Инголщат е функционално обвързан в сложна логистична мрежа в цяла Горна Бавария.

Чрез следната карта става ясно къде са силно развитите индустриални, градски и икономически центрове на региона. И на базата на това – кои точки има смисъл да се свържат чрез UAM.

Методологията за интеграция на UAM, описана по-горе, тук се прилага в избрания референтен пример. Тук основно се повдига въпросът как бъдещата UAM мобилност може да бъде интегрирана в града и същевременно отчита особеностите на градската структура и начин на живот на нейните жители. [79]

Диференцираният анализ след това позволява на града да прояви определени структурни характеристики и да вземе предвид нивото на квартала. Тъй като предизвикателствата, описани по-горе, изискват дизайн относно прилагането на UAM на ниво съседство. По същия начин градовете с този тип градско пространство могат, въз основа на резултатите от анализа, да разработят стабилна и основно стратегия, която може да бъде прехвърлена в други градове с ограничения. След като зоните на интервенция са избрани, за да покрият различните пропуски в системата за мобилност от градско-структурна и пространствена перспектива, може да започне разработването на каталог за действие на UAM.

IV.2.3. Симулационни изследвания на полети в Пловдив

Градският транспорт в Пловдив към момента се изпълнява от няколко оператора на автобусен транспорт. Поради високата си цена на поддръжка тролейбусният транспорт в града бива спрян преди около 10 години. Мрежата от спирки на автобусния транспорт е гъста, и успява да обслужи голяма част от населението. На следващата графика са обозначени спирките.

Основен проблем за надеждността на градския транспорт в Пловдив в момента са пренатоварванията на пътната мрежа в пикови часове – сутрин и вечер, когато работещи и учаци трябва да достигнат до съответните си цели – работни места и учебни заведения.

Свързването на градските части с историческия център, както и с индустриалните и жилищни ареали в региона, са основните задачи пред градското планиране на регион Пловдив. Това може и трябва да се случи при условията на интеграция в съществуващия ЖП и автомобилен масов транспорт.

За по-нататъшните изчисления бяха определени три примерни летателни маршрута в Пловдив и бяха изследвани енергийните разходи за целите на промишлеността в България.

Изчислението е свързано с Airbus Pop.Up, двуместно наземно и въздушно превозно средство комбинирано в едно. Фигура 4 показва техническите спецификации на Airbus Pop.Up. Необходимите данни за изчисляване на транспортните разходи са онагледени в таблицата.

Летателен маршрут	
Летателен маршрут 1 (км)	13
Летателен маршрут 2 (км)	3
Летателен маршрут 3 (км)	12,3
Енергиен сектор	
Цена електроенергия (€/квч)	0,0763
Airbus Pop.Up	
Радиус (км)	50
Капацитет акумулатор (квч)	70
Енергийна консумация на км (квч/км)	1,4 (70/50)

Таблица IV.2. Информация за калкулацията на транспортните разходи

Изчислението на транспортните разходи е направено за трите примерни летателни маршрута без и с полезен товар, при което консумацията на енергия с полезен товар се основава на предварителни оценки и предположения.

Таблицата по-долу обобщава резултата от изчисляването на потреблението на енергия и транспортните разходи за трите примерни летателни маршрута в Пловдив въз основа на българските цени на електроенергията за индустриални цели, както и технически спецификации на Airbus Pop.Up.

	Маршрут 1 (13km)	Маршрут 2 (3km)	Маршрут 3 (12,3km)
Енергийна консумация [kWh]			
Без полезен товар	18,2	4,2	17,22
С полезен товар	39	5,46	25,83
Разходи за енергия [€]			
Без полезен товар	1,39	0,32	1,31
С полезен товар	2,98 (~1c/kg)	0,42	1,97 (~1€/person)

Таблица IV.3. Резултати за енергийна консумация при полет и разходи за енергия за трите примерни летателни маршрута с Airbus Pop.Up

Изчисляването на въглеродните емисии се прави отново за трите примерни летателни маршрута в Пловдив и се основава на резултатите от предишното изчисление на енергийното потребление. Въглеродните емисии се изчисляват като CO₂ еквивалент (CO₂eq). Изчислението включва въглеродните емисии чрез производство на енергия за примерните полети, както и емисии за производството на БЛА.

Изчисленията са базирани от една страна на такива за електромобили, а и на данни на AIRBUS. Друга калкулация е направена на база на данни от база данни за лизингови електромобили, подобни по потребление на ел. енергия на VTOL UAV. Целта е да се сравнят източниците и резултатите.

Пловдив е определен за успешна и ефективна интеграция на UAM, поради устройствената и транспортна проблематика в рамките на града и целия регион около него, описани в предните точки.

Планът за изпълнение на проекта се състои от четири работни пакета, които се надграждат. Това е поетапен подход за облекчаване на задръстванията в град Пловдив и около него. Първите приложения на UAM са ограничени до нуждите от транспорт на товари, особено за малките бързи доставки, за придобиване на практически опит с UAM. Когато е гарантирана абсолютна безопасност, UAM ще бъде въведена за транспорт на пасажери.

Фаза 1 има за цел да се внедри UAM за медицински цели с акцент върху ефективното използване на услугите на транспорт за кръвни проби, медикаменти, органи за трансплантация и др. и използването за обществена безопасност.

Фаза 2 включва разработване на стратегия за предварително организирано снабдяване на търговски обекти с VTOL UAV.

Фаза 3 се фокусира върху икономическите цели и има за цел да засили връзката между индустриалните предприятия в ТИЗ, и улесни преминаването им към кръгова икономика, като използва третото измерение за транспорт на ресурси и суровини помежду им.

Фаза 4 има за цел да внедри UAM за пътнически транспорт чрез концепция по заявка със споделени VTOL UAV.

Има за цел внедряването на UAM в Пловдив за пътнически превози, с концепция за споделени UAM въздушни превозни средства.

Симулационните изследвания показват силно изразеното превъзходство на UAM пред автомобилния транспорт, особено засилващо се в следващите години.

Ясно изразена е тенденцията, че колкото по-интензивна е експлоатацията на UAV ежедневно, толкова по-ниски са разходите на км полет. Този принцип отдавна е познат в гражданската авиация и затова в днешно време авиокомпаниите се стремят максимално време в денонощието да оперират своя флот от ЛА.

IV.3. Начални задания за технологични демонстратори

Основен резултат от симулационните изследвания и проведените проучвания и изследвания в предходните глави в дисертацията е извеждането и формулирането на начални изисквания за проектиране и изработване на технологичен демонстратор на UAS за UAM с UAV коптер и UAV самолет.

Така биха изглеждали началните условия за UAV коптер в нагледен вид, подходящ за практическо приложение:

	Изискване	Мярка	Стойност
1.1.	Максимална дистанция на устойчива връзка с наземната станция за управление над	km	70
1.2.	Максимално време на полета с полезен товар 200 kg маса над	min	60
1.3.	Крейсерска скорост на полета не по-малка от	km/h	72
1.4.	Маса на полезния товар над	kg	200
1.5.	Максимална излетна маса не по-голяма от	kg	600
1.6.	Статичен таван на полета над	m	3 000
1.7.	Пътническият модул на UAV да осигурява комфортен превоз на 2 възрастни пътници		
1.8.	Шумът при излитане на UAV на разстояние над 30 метра да е не повече от	dB	45
1.9.	При полет UAV да не отделя вредни емисии		
1.10.	UAV да може да извършва напълно автономен полет по задание на клиента		
1.11.	UAV да има система за избягване на сблъсквания с неподвижни и подвижни обекти		

Таблица IV.4. Начално задание за проектиране и изработване на технологичен демонстратор на UAS тип коптер.

По аналогичен начин се очаква да бъде документиран проект за UAM посредством UAV VTOL самолет (конвертоплан тип FLUTR):

Изискване	Мярка	Стойност
1.1. Максимална дистанция на устойчива връзка с наземната станция за управление над	km	150
1.2. Максимално време на полета с полезен товар 200 kg маса над	min	120
1.3. Крейсерска скорост на полета не по-малка от	km/h	150
1.4. Маса на полезния товар над	kg	200
1.5. Максимална излетна маса не по-голяма от	kg	600
1.6. Статичен таван на полета над	m	3 000
1.7. Пътническият модул на БЛА да осигурява комфортен превоз на 2 възрастни пътници		
1.8. Шумът при излитане на БЛА на разстояние над 30 метра да е не повече от	dB	45
1.9. При полет БЛА да не отделя вредни емисии		
1.10. UAV да може да извършва напълно автономен полет по задание на клиента		
1.11. UAV да има система за избягване на сблъсквания с неподвижни и подвижни обекти		

Таблица IV.5. Начално задание за проектиране и изработване на технологичен демонстратор за VTOL UAV тип самолет

Симулацията и времевата калкулация на тази летателна мисия се базират на концепцията на FLUTR за приложение на VTOL UAV тип самолет. Информацията, нужна за тази симулация, авторът е получил след лични разговори с ръководството на FLUTR и изричното му съгласие за това.

Базираната в Мюнхен, Бавария, иновативна компания в областта на развитието и приложението на БЛА за превоз на пътници с асистирани от пилот UAV, изхожда от концепцията, летателния апарат да се управлява от четири участника в цялостния процес на оперирането на FLUTR и съответно безопасността за пътниците и гражданите на земята да се гарантира на четири нива:

- Пилотиращ пътник, преминал 8-часов курс за обучение
- Контролна кула за контрол на въздушното движение, която да дава наставления за поведение при пилотиране на пилотиращия пътник
- Автопилот
- Базиран на земята дистанционен пилот, който в опасни или сложни ситуации от земята да поема управлението на летателния апарат

Конвертопланът на FLUTR е снабден с 4 двигателя, задвижвани от дизелови двигатели, закрепени за кабината с крила. Същите са снабдени и с електрогенератори, които трансформират механичната енергия в електрическа, съхранява се тази в акумулаторна батерия, и при нужда се използва за летателна тяга, и винаги се използва за придвижване по земята.

Концепцията предвижда основно използването на тези летателни апарати на принципа на флотилия със споделени единици, но и лично притежаване на летателния апарат.

Към момента степента на развитие на техническата концепция е достигнала до практически тестове на двигателите, готов физически прототип с двигатели, и симулации за цялостното поведение при полет на ЛА.

Предвижда се на земята да се свиват крилата, заедно с двигателите, с цел пестене на пространство. И също с цел лесно зареждане на стандартна станция за гориво за автомобили. UAV се придвижва по земята посредством тяга от електрически двигатели, приложена на колесниците.

Предвижда се излитане и кацане от земята, а не от покриви на съществуващи сгради, с цел избягване на проблематиката със състоянието на покривните конструкции и натоварването им с 600 kg маса в пълно състояние, т.е. с полезен товар, и 400 kg в празно състояние.

Излитането и кацането и достигането/идването от минималната допустима предвидена височина на летен 200 m траят съответно 20 s, в режим коптер. Преминаването от режим коптер в режим самолет, както и обратно, се извършва посредством завъртане на 90° около осите на държащите тела на двигателите, и трае общо 60 s.

Предвидената скорост на летене в режим самолет е 250 km/h. Производителят изхожда от цена на превоза 4 €/min, платима през електронната система за резервация и задаване на маршрут на полет, разработвана също от него.

Летателната мисия, взета за пример в случая, е базирана на един много вероятен и натоварен летателен маршрут при вече въведена в действие UAM: от летище Пловдив до Индустриална зона Раковски, с кацане до Европейско-китайския център за развитие на търговията.

Тракия Икономическа Зона ТИЗ е основен фактор за индустриализацията в региона на Пловдив, но и вече за цяла България. Това е първата индустриална зона в страната, обявена и третирана съгл. актуалното законодателство от страна на Министерство на Икономиката на Република България като индустриална зона от национално значение.

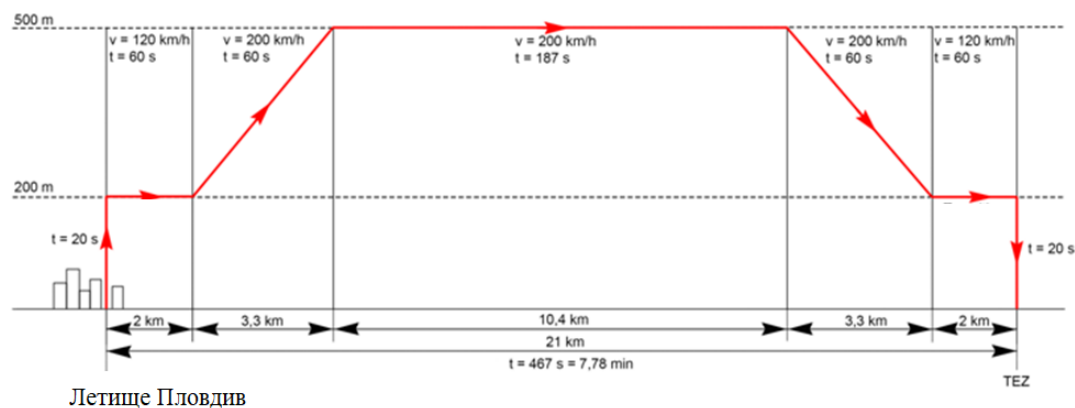
Налага се множество ръководни кадри на предприятия от ТИЗ, идващи от дестинации извън страната, редовно ежеседмично или ежемесечно да летят от родните

си места до летище София, и после с автомобил, поради оптималната скорост на този вид транспорт, да преминават разстоянието до ТИЗ и конкретни предприятия там. Същото важи съответно и за пътуването обратно. Този маршрут е много популярен и сред търговци, индустриалци, и представители на всички други отрасли на икономиката и обществено-политическия живот от България, които от София или Пловдив се налага да пътуват с автомобил до другия град почти ежедневно, заради служебните им ангажименти.

В случая се предлага транспортът от чужбина директно до Пловдив, както и отсечката София – Пловдив, да се преминава за много кратко време – около половин час, със самолет.

Съгласно споменатите по-горе характеристики и поведение на полета при приложение на концепцията на FLUTR, разстоянието от 21 км въздушна линия между двете точки, ще се изминава за близо 8 минути. Това прави времето за преминаване на разстоянието с около 4 пъти по-бързо, отколкото с автомобил. И спестявайки евентуално удължаване на времетраенето при пътуване с автомобил заради затруднен пътен трафик.

Профил на мисия

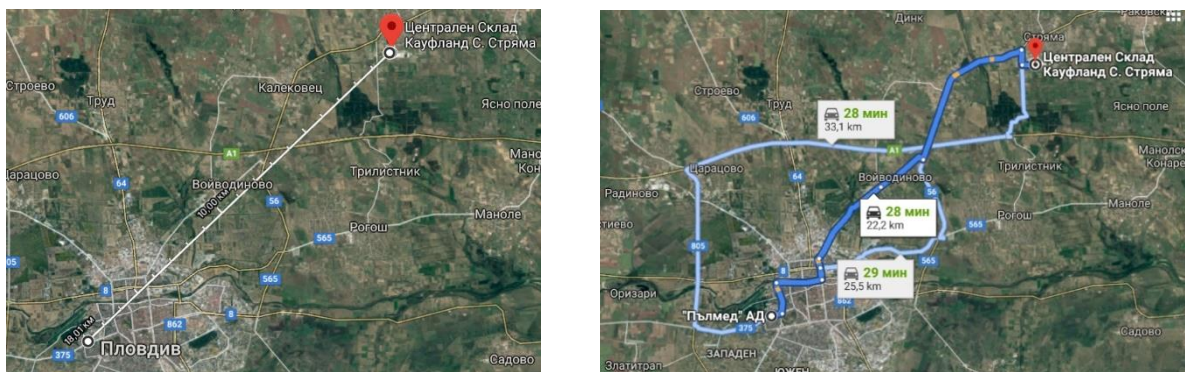


Фиг IV.1. Летателна мисия UAM - ТИЗ. Летище Пловдив - Индустриална зона Раковски

Цената на пътуването в тази мисия възлиза на 32 евро, което е около 2 пъти по-евтино от преминаването на същото разстояние с такси в Германия, където отсечки от този тип често пъти се преминават именно с такси.

А имайки предвид спестеното време, ръководните кадри от ТИЗ със сигурност биха предпочели в доста случаи този вид транспорт дори и днес.

С цел доказването на по-високата ефективност на експлоатацията на UAS при по-интензивна употреба е извършена симулация и калкулация на база на следния маршрут на полета с UAV:



Фигура IV.2. Маршрут на полета + сравнение с автомобилно пътуване: Болница Пълмед – Обект в Икономическа Зона Раковски. Google Maps.

За сравнение в автомобилния транспорт по този маршрут се разглежда изпълнението на една хипотетична мисия с профила, показан на Фиг. IV.10.

Разстоянието по въздушна линия между двете точки Пловдив Пълмед – Индустриална зона Раковски е 18 км. При симулацията се приема за височина на полета 100 м, и за референтни UAV се приемат AIRBUS PopUp (Куадкоптер) и FLUTR (самолет VTOL).

Характеристики	VTOL UAV коптер	VTOL UAV самолет
ТОМ [kg]	600	600
A [m ²]	3	3
L [N]		600 x 9,81 = 5910
C _d	1	10
V _x [m/s]	20	40
t _{TO} + t _L [min]	< 1 min	< 1 min
t [min]	30	15
S [min]	2 x 18 = 36	2 x 18 = 36
E [kWh]	36	13,6
C [лв]	5,1	1,20

Таблица IV.6. Сравнителен анализ VTOL UAV

Цената на транспорта е изчислена на база на информация от интерактивния инструмент за пресмятане на цена на пътя Leaseplan, както следва:

Вид превозно средство	Цена на транспорта [лв/км]
Личен автомобил	0,9
Персонален коптер UAV	0,16
Персонален самолет UAV	0,06

Таблица IV.7. Сравнение на цената на транспорт автомобил/коптер UAV/самолет UAV. Leaseplan 2019 и собствени калкулации

При нужда от транспорт за интензивно работещи граждани и такива с динамично ежедневие, при сравнение на потенциалните разходи за персонален транспорт в превозно средство неуправлявано от пътниците, резултира една убедителна тенденция за ценово и комфортно превъзходство на UAM в сравнение с автомобилния транспорт.

В примера е използван маршрута за превоз от Болница Пълмед в Пловдив до Икономическа Зона Раковски (до Пловдив). Примерният маршрут е показателен заради неминуемата нужда от преминаване на голяма част от автомобилния транспорт през вътрешността на града, обусловена от транспортната мрежа и инфраструктура на града.

Превозно средство	Разходи превозно средство лв/ден	Преминат и км/ден	Разходи лв/км	Прогнозна цена лв/курс
1. Таксиметров автомобил	131	200	0,66	30,52
2. Личен дизелов лек автомобил	37,73	36	1,05	37,73
3. Личен електромобил	67	36	1,87	67,00
4. Персонален коптер	104	432	0,24	9,60
5. Персонален самолет	89	864	0,10	3,96

Таблица IV.8. Сравнение цена на персоналния транспорт в Пловдив - автомобилен и UAV

Очевидно цената на автомобилния персонален транспорт е значително по-висока от тази на UAM транспорта, и то взимайки под внимание цялостните разходи – гориво, амортизация, застраховки и данъци и т.н. Калкулацията се базира на продължителност на експлоатацията на UAV 6 часа през 22 работни дни в месеца. 6 часа е реалистична стойност за времетраене на дневната експлоатация на UAV като споделена персонална транспортна услуга.

При UAV вариантите очевидно транспортът с UAV коптер е по-скъп от този с UAV самолет. Това се обуславя от значително по-високите разходи на коптера, заради нуждата от по-голямата тяга при полета, която при самолета е в пъти по-малка..



Фиг. IV.3. Симулация на полета с UAV коптер. Международен панаир Пловдив, болница Свети Георги (хирургии) и Младежки хълм – марирута на полета

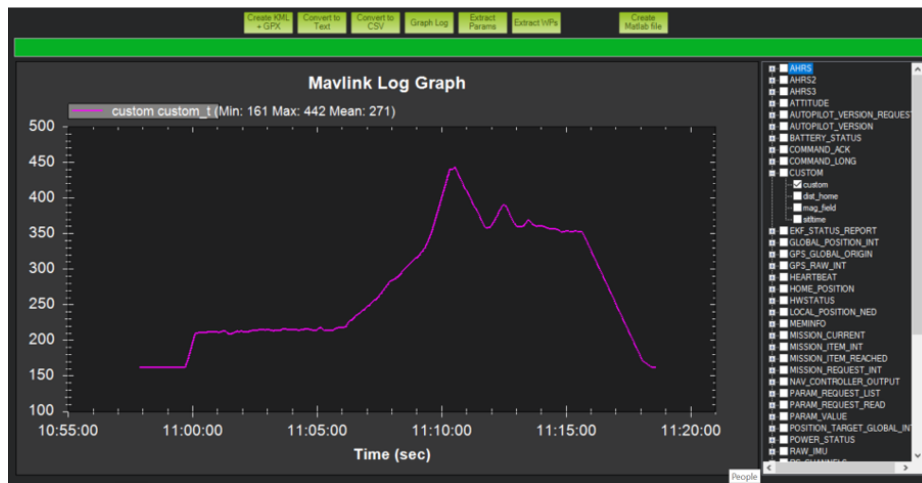
Но също трябва да се вземе под внимание факта, че в градски условия излитане на UAV излитащ и кацане на пистата е неприложимо. От направеното по-горе сравнение се доказва, че варианта UAV коптер е икономически по-неизгоден. Вариант – вертикално излитащ и кацане самолет (VTOL) е възможен и икономически изгоден. Такъв вариант е разглеждан в настоящата работа и е базиран на техническото решение на FLUTR.

За анализ на полетите с UAV коптер са направени симулации на полетите със софтуерния продукт Mission Planner по маршрут Международен панаир Пловдив, болница Свети Георги (хирургии) и Младежки хълм.



Фиг. IV.4. Симулация на полета с UAV коптер. Международен панаир Пловдив, болница Свети Георги (хирургии) и Младежки хълм

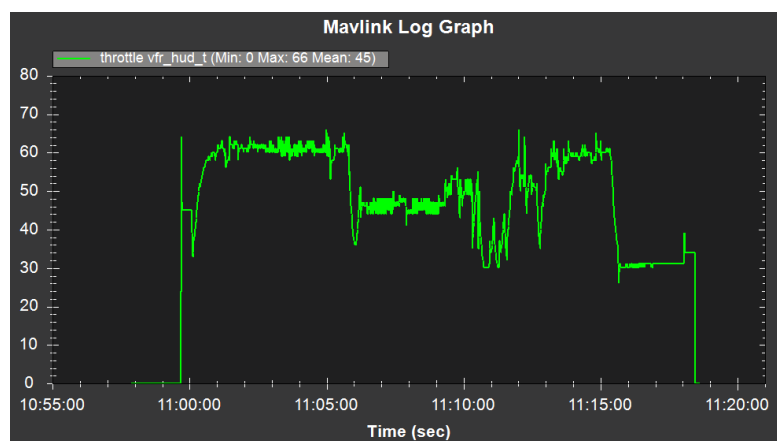
На следващите графики за показани записи от извършените симулации на полети над реален градски терен. При извършване на симулацията се записват над 100 характеристики през части от секундата, което позволява да се правят задълбочени анализи за избор на оптимален набор от параметри при проектирането на UAV за полети в градски условия.



Фигура IV.5. Симулация на полета с UAV коптер. Международен панаир Пловдив, болница Свети Георги (хирургии) и Младежки хълм – височина на полета при Младежки хълм.

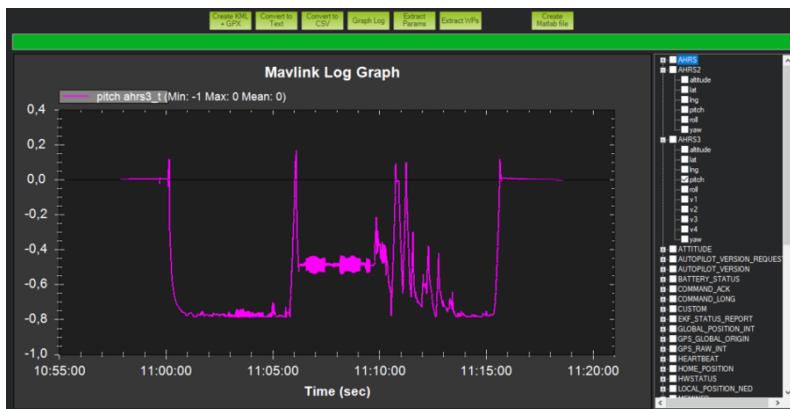
На фиг. IV.5. е показано изменението на относителна височина на полета от точката на излитане, при зададена постоянна височина над терена. Летателният апарат е програмиран за височина на полета над терена 100 м над земната повърхност, която е долният праг на полет над града според изискванията на EASA. Както се вижда, поради релефа на града (минаване над Младежкия хълм) се налага значително автоматично покачване на височината на полета за преминаване над препятствието.

Продуктът Mission Planner позволява софтуерна (SiL) и хардуерна (HiL) симулации, при които да се изследват голям брой параметри и характеристики на полетите, като примери са дадени на фигурите по-долу:



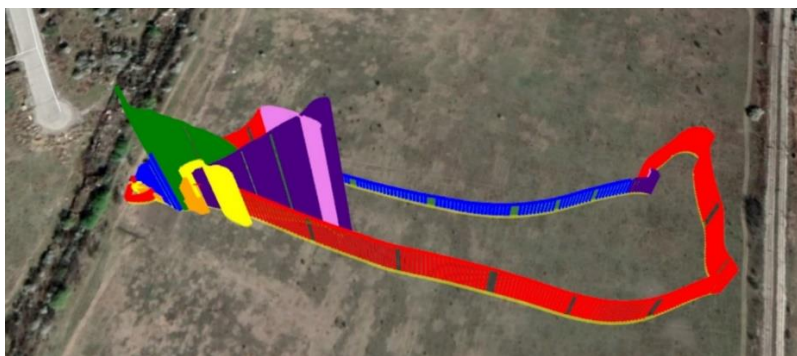
Фигура IV.6. Симулация на полета с UAV коптер. Международен панаир Пловдив, болница Свети Георги (хирургии) и Младежки хълм – профил на тягата.

На фиг. IV.6. е показано изменението на общата тяга на коптера поради изменението на височината и скоростта на полета.



Фиг. IV.7. Симулация на полета с UAV коптер. Международен панаир Пловдив, болница Свети Георги (хирургии) и Младешки хълм – профил на тангажа

На фиг. IV.7. е показано изменението на тангажа на коптера поради изменението на височината и скоростта на полета. Забелязва се рязкото му изменение, което е неблагоприятно за комфорта на пътниците и налага да се предприемат конструктивни мерки за по-плавно изменение.



Фиг. IV.8. KMZ симулация на полета с UAV коптер триизмерен профил на полета.

На фиг. IV.8. е показан 3D профил на симулирания полет, който може да се използва за изследване на поведението на коптера при преодоляването на препятствия.

От сравнителната калкулация на транспортните разходи с трите превозни средства, UAV транспортът ясно води в класацията и то в релацията цялостна цена на услугата – комфорт при дадената транспортна услуга, вземайки под внимание пълните експлоатационни разходи.

Както бе изчислено въглеродните емисии при експлоатацията на eVTOL UAV са значително по-високи от тези при автомобилния транспорт, изхождайки от сегашното положение при употреба на литиеви акумулатори, както при електромобилите, при чието производство се емитират големи количества CO₂ в атмосферата, отговорни за голяма част от вредните емисии в електромобилността днес.

Но взимайки вече ясно очертаващата се перспектива за въвеждане на SIB в сухопътната и въздушна електромобилност, то въпросните емисии рязко ще спаднат и тогава електромобилността по суша и въздух ще се превърне неминуемо в алтернатива за транспорта на близкото бъдеще.

А днес, работейки все още най-често с литиево-йонни акумулатори в електромобилността, въпреки високите въглеродни емисии генерирани по време на производството на акумулаторите, експлоатирайки превозни средства с електрическо задвижване, големи количества вредни емисии се спестяват поне във физическите рамки на градовете. А това е голямо предимство, сравнено с днешните емисии на конвенционалните автомобили с двигатели с вътрешно горене, емитиращи всички емисии вътре в градовете.

От сравнителната калкулация на транспортните разходи с трите превозни средства, UAV транспортът ясно води в класацията, и то и в релацията цялостна цена на услугата – комфорт при дадената транспортна услуга, взимайки под внимание пълните експлоатационни разходи.

Въглеродните емисии при експлоатацията на eVTOL UAV са значително по-високи от тези при автомобилния транспорт, изхождайки от сегашното положение при употреба на литиеви акумулатори, както при електромобилите, при чието производство се емитират големи количества CO₂ в атмосферата, отговорни за голяма част от вредните емисии в електромобилността днес.

Но взимайки вече ясно очертаващата се перспектива за въвеждане на SIB в сухопътната и въздушна електромобилност, то въпросните емисии рязко ще спаднат и тогава електромобилността по суша и въздух ще се превърне неминуемо в единствената алтернатива за транспорта на близкото бъдеще.

А днес, работейки все още най-често с литиево-йонни акумулатори в електромобилността, въпреки високите въглеродни емисии генерирани по време на производството на акумулаторите, експлоатирайки превозни средства с електрическо задвижване, големи количества вредни емисии се спестяват поне във физическите рамки на градовете. А това е голямо предимство, сравнено с днешните емисии на конвенционалните автомобили с двигатели с вътрешно горене, емитиращи всички емисии вътре в градовете.

Така биха изглеждали началните условия за UAV коптер в нагледен вид, подходящ за практическо приложение:

Изискване	Мярка	Стойност
1.1. Максимална дистанция на устойчива връзка с наземната станция за управление над	km	70
1.2. Максимално време на полета с полезен товар 200 kg маса над	min	60
1.3. Крейсерска скорост на полета не по-малка от	km/h	72
1.4. Маса на полезния товар над	kg	200
1.5. Максимална излетна маса не по-голяма от	kg	600
1.6. Статичен таван на полета над	m	3 000
1.7. Пътническият модул на UAV да осигурява комфортен превоз на 2 възрастни пътници		
1.8. Шумът при излитане на UAV на разстояние над 30 метра да е не повече от	dB	45
1.9. При полет UAV да не отделя вредни емисии		
1.10. UAV да може да извършва напълно автономен полет по задание на клиента		
1.11. UAV да има система за избягване на сблъсквания с неподвижни и подвижни обекти		

Таблица IV.9. Начални изисквания за UAV коптер UAM

По аналогичен начин се очаква да бъде документиран проект за UAM UAV VTOL самолет:

Изискване	Мярка	Стойност
1.12. Максимална дистанция на устойчива връзка с наземната станция за управление над	km	150
1.13. Максимално време на полета с полезен товар 200 kg маса над	min	120
1.14. Крейсерска скорост на полета не по-малка от	km/h	150
1.15. Маса на полезния товар над	kg	200
1.16. Максимална излетна маса не по-голяма от	kg	600
1.17. Статичен таван на полета над	m	3 000
1.18. Пътническият модул на БЛА да осигурява комфортен превоз на 2 възрастни пътници		
1.19. Шумът при излитане на БЛА на разстояние над 30 метра да е не повече от	dB	45
1.20. При полет БЛА да не отделя вредни емисии		
1.21. UAV да може да извършва напълно автономен полет по задание на клиента		
1.22. UAV да има система за избягване на сблъсквания с неподвижни и подвижни обекти		

Таблица IV.10. Начални изисквания за UAV самолет UAM

VI.3. Изводи

1. Симулационните изследвания показват силно изразеното превъзходство на UAM пред автомобилния транспорт, особено засилващо се в следващите години, по следните показатели: цена, скорост, комфорт, безопасност, екологичност и ненатоварване на наземна транспортна инфраструктура, респ. ниски стойности на земеползване.

2. Ясно изразена е тенденцията, че колкото по-интензивна е експлоатацията на UAV ежедневно, толкова по-ниски са разходите на км полет. Този принцип отдавна е познат в гражданската авиация и затова в днешно време авиокомпаниите се стремят максимално време в денонощието да оперират своя флот от ЛА.

3. Основен резултат от симулационните изследвания и проведените изследвания в предходните глави в настоящия труд е извеждането и формулирането на начални изисквания за проектиране и изработване на технологичен демонстратор на UAS за UAM с UAV коптер и UAV самолет.

4. Симулационните изследвания и направените проверки доказват, че предложената Методология за интеграция на UAM в градска среда е приложима за началните етапи на реализация ѝ.

5. UAM трябва да се внедрява в градовете поетапно, паралелно с изгражданата за нея инфраструктура и системата за управление на въздушното движение в градски условия.

6. Общи изводи

1. Състоянието на градската мобилност в настоящия момент е незадоволително. При транспортирането на стоки и пътници се губи много време, замърсява се околната среда и има много жертви.

2. От направения анализ се оценява, че UAM е необходима и реализуема.

3. Пред успешната интеграция на UAM се откриват сериозни предизвикателства от техническо, социално и правно естество.

4. Безопасността и екологичността трябва да бъдат приоритет при развитието и интеграцията на UAM;

5. Предложената Методология за интеграцията на UAM в градска среда може да се използва в началния етап на планирането на внедряване на UAM за конкретно населено място, като в следващи етапи се отчетат специфичните особености

6. Симулационните изследвания показват силно изразеното превъзходство на UAM пред автомобилния транспорт, особено засилващо се в следващите години, по следните показатели: цена, скорост, комфорт, безопасност, екологичност и ненатоварване на наземна транспортна инфраструктура, респ. ниски стойности на земеползване.

7. Основен резултат от симулационните изследвания и проведените изследвания е извеждането и формулирането на начални изисквания за безпилотните летателни апарати, които да се използват в UAM.

8. Симулационните изследвания и направените проверки доказват, че предложената Методология за интеграция на UAM в градска среда е приложима за началните етапи на реализация на този вид мобилност.

7. Заключение

Като основна посока за бъдещи изследвания, разработки и практическо приложение се очертава цялостното управление на UAM системата, т.е. UTM. При това най-вероятно ще става дума за обединен вариант на UTM и ATM, заедно с 3D GIS + BIM, за да може модулната система в реално време да се управлява и наблюдава, както и да може да се постига 100 % интегрираност в реално време не само при експлоатацията на UAV и Vertiport-ове, но и при тяхната профилактика, изграждане, демонтаж и т.н., а и в аварийни ситуации.

Със сигурност методиката и технологиите относно цялостния жизнен цикъл на Vertiport-инфраструктурата, както и тяхната интеграция в градската среда, ще трябва да бъдат активно развивани и тествани през идните 10 години, за да може реално контактната точка на UAM с градовете, а именно те, да достигнат високо ниво на технологично развитие и готовност и заедно с вече развитите UAV да бъдат успешно интегрирани в жизнената ни среда.

По отношение на UAV се налага интензивното развитие на технологиите за съхраняване на ел. енергия в батерии с много по-висока енергийна концентрация, отколкото сега на единица обем и най-вече единица тегло.

Относно системите за резервации и отчитане на цената на полетите, както и застрахователните механизми при UAM се очаква бурно развитие и със сигурност ще са нужни изследвания и изпитвания, както и експертни дискусии в ЕС и целия свят по някои от основните неизяснени въпроси, свързани с това:

- Чия е отговорността при авария в UAM? На оператора на UAV или на Vertiport-а, или на пътника, или на собственика на пренасяния товар, или на собствениците на сградата или терена, върху която има изграден Vertiport?
- Как са уредени взаимоотношенията между собственик и оператор на UAV, както и собственик и оператор на Vertiport-ове, както и помежду им, а и тези със собственици на сгради отдаващи под една или друга форма площи и инфраструктура за ползване в контекста на UAM?

8. Авторска справка

a. Научни приноси

- Направен е Форсайт анализ на развитието на градската авиационна мобилност.

- Предложена е Методология за интеграцията на градска авиационна мобилност в съществуваща градска среда, предназначена за различни по големина и градоустройствена морфология жилищни райони.

b. Научно-приложни приноси

- Извършени са симулации на полети по различни градски маршрути;
- Анализирани са характеристиките на безпилотни полети с коптери и самолети за реализация на градска авиационна мобилност;
- Предложена е структура на Система за градска авиационна мобилност.

c. Приложни приноси

- Изследвани са съществуващи летателни апарати за реализация на градска авиационна мобилност;

- Извършени са анализи за реализацията на градска авиационна мобилност в Инголщат и Пловдив;

- Направени са ценови анализи на себестойността на полети за реализация на градска авиационна мобилност;

- Разработени са Начални условия за проектиране на UAV коптер и самолет за UAM;

- Изведени са изисквания към адаптацията и необходимите изменения на градската среда и архитектурата на сградите, налагащи се от въвеждането и развитието на интеграцията им в UAM.

6. БЛАГОДАРНОСТИ

На първо място благодаря на семейството ми. На моята съпруга Юн, която винаги с разбиране и подкрепа подхождаше към начинанието. Синът ми Крис, който се роди по време на разработването на дисертационния труд, има особена заслуга за успеха.

На моите родители – М.А. МВА Ганка Георгиева и д-р. МВА Петьо Георгиев - и моите роднини, без които нямаше да мога да постигна образователните ми и професионални успехи.

На проф. Димо Зафиров и проф. Николай Тулешков благодаря за разбирането и постоянната подкрепа по време на работата по дисертационния труд в научен, професионален и житейски план.

На колегите от ИКИТ – БАН поднасям големи благодарности за критичните коментари относно дисертацията, спомогнали неимоверно много за по-доброто фокусиране върху темата и разбирането на предимствата и недостатъците на UAM.

На Prof. Dr.-Ing. Gunnar Grün благодаря за професионалната подкрепа в общите начинания по темата на дисертацията и в областта на Умните Градове.

На Prof. Dr.-Ing. Martin Krus благодаря за моралната и научна подкрепа през последните години, през които се занимавах усилено с устойчивото развитие на градовете и сградния фонд.

На Prof. Gerhard Curdes от Aachen благодаря за това, че вложи много усилия, за да ми покаже през трите ни общи години как да работя научно, и да вниквам в ядрото на градския организъм.

Благодаря на всички колеги, проектни партньори и приятели, които през времето на работата по дисертацията се отнасяха с огромно разбиране към мен и начинанието ми.

7. Списък на публикациите и докладите по дисертацията и цитирания по тях

8.1. Публикации

1. Krus, M.; Theuerkorn, W.; Großkinsky, Th.; Georgiev, G.: A new load-bearing insulation material made of cattail. At Amziane, Sofiane (Ed.): ICBBM 2015, 1st International Conference on Bio-based Building Materials. Proceedings: Clermont-Ferrand, France, 21st-24th June 2015, Bagneux: RILEM, 2015 (RILEM proceedings PRO 99), ISBN: 9782351581544
2. Georgiev, G.: Sustainable Urban Development Strategies for China and Germany. Urban Air Mobility in the future growing cities. Организатор на международната конференция за сътрудничество между Fraunhofer и SJTU. Януари 2017, Мюнхен.
3. Low carbon technology integration innovation assessment index review based on rough set theory - an evidence from construction industry in China. At „Journal of cleaner production“ 126 (2016)
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.035>
4. Lai, X.; Liu, J.; Shi, Q.; Georgiev, G.; Wu, G.: Driving forces for low carbon technology innovation in the building industry: A critical review. At „Renewable and sustainable energy reviews 74 (2017)
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.044>
5. Георгиев, Г.; Зафиров, Д.: Пловдив: Интеграция на въздушна мобилност в градски и периферни територии. Регионът на Пловдив ще демонстрира случая на решения за градска въздушна мобилност за присъединяване на селски райони и райони в растеж. Пловдив 2018.
<https://www.plovdiv.bg/%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B4%D0%B8%D0%B2-%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0-%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%84%D0%B5%D1%81%D1%82-%D0%B7%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8/>
https://www.plovdiv.bg/wp-content/uploads/2018/07/plovdiv-press-release_09Jul2018_final.pdf
6. Георгиев, Г.; Гецов, П.; Тулешков, Н.; Зафиров, Д.: Градска Авиационна Мобилност. Сборник доклади от Седма международна научна конференция TECHYS 2018, Пловдив 2018.
http://techsys.tu-plovdiv.bg/files/TECHSYS_2018_Proceedings.pdf

7. Georgiev, G.; Krus, M.: Minimum-invasive energy approaches for owner communities in residential buildings. Сборник доклади от XIV Международна научна конференция VSU 2014, София 2014
8. Georgiev, G.; Rupp, K.; Grün, G.: Leitfaden für das nachhaltige Prozessmanagement bei energetischen Sanierungsmaßnahmen in WEG-Mehrfamilienhäusern. Denkmal & Energie 2018. Osnabrück 2018. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-23637-3_5
9. Georgiev, G.; Theuerkorn, W.; Rupp, K.; Tuleschkow, N.; Dobrev, P.; Krus, M.: TYPHABOARD als Innendämmung bei Mehrfamilienhäusern mit Eigentümergeinschaften in Bulgarien. Denkmal & Energie 2019. Osnabrück 2018. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-23637-3_9
10. Georgiev, G.; Krus, M.; Loretz, C.; Theuerkorn, W.: TYPHABOARD in the Restoration of Historic Black Sea Houses in Bulgaria. MDPI. Basel 2019. <https://doi.org/10.3390/su11041000>
11. Георгиев, Г., Зафиров, Д., Агурида, В.: Манифест за намерение за присъединяване към инициативата UAM на EIP-SCC. София 2018 <https://eu-smartcities.eu/news/city-plovdiv-signs-urban-air-mobility-manifesto>
12. Borsboom-van Beurden, J. et al.: Smart City Guidance Package. A roadmap for integrated planning and implementation of Smart City projects. Brussels 2019 <https://eu-smartcities.eu/news/smart-city-guidance-package>

8.2. Доклади

1. Георгиев, Г.: Circular Economy and Innovation for Sustainable urban growth. Конференция Industry 4.0, 28.09.2017, Пловдив
2. Георгиев, Г.; Гецов, П.; Тулешков, Н.; Зафиров, Д.: Градска Авиационна Мобилност. Седма международна научна конференция TECHYS 2018, Пловдив 2018.
3. Гецов, П.; Георгиев, Г.; Зафиров, Д.: Интегрирана система за защита от неоторизирани полети на БЛА. Девета международна научна конференция „Научните изследвания, иновации и индустриално сътрудничество в интерес на общата Европейска отбрана и сигурност“, 31.05.2018 г., София.
4. <https://www.di.mod.bg/hemus/bg/content/programa>
5. Georgiev, G.; Krus, M.: Minimum-invasive energy approaches for owner communities in residential buildings. XIV Международна научна конференция VSU 2014, София 2014
6. Sustainable building, urban and spatial development, SJTU Shanghai, 30.05.2018

7. Sustainable regional development and industry 4.0., Извънреден форум за Кръгова икономика на ТУ София, филиал Пловдив, 14.06.2018.
8. Georgiev, G.: CEN standard – Sustainable energy retrofit process management for multi-occupancy residential buildings with owner communities. EIP-SCC Annual Assembly – EIP-SCC IPPR Market Demand & Interested Stakeholders, Sofia, 27.06. 2018
9. Georgiev, G.: EIP-SCC Annual Assembly – EIP-SCC UAM. Urban Air Mobility in the Region of Plovdiv, Sofia, 27.06.2018
10. Georgiev, G.: Circular economy and environment 2018. Circular economy and sustainable regional development, International Conference for Circular Economy, Sofia, 02.10.2018
11. Georgiev, G.: Urban and spatial development with TYPHABOARD. Sustainable building, Shanghai, 27.10.2018
12. Georgiev, G.; Borsboom-van Beurden, J.: Smart Cities Guidance package on tour. SMARTER TOGETHER – Energy efficiency in residential buildings with owner communities in Munich and Sofia. Международна конференция „Knowledge and Smart Cities“, 26.11.2018, София.
https://www.sme.government.bg/uploads/2018/11/Conference-agenda_26.11.2018.pdf
<https://cordis.europa.eu/article/id/124384-smart-cities-guidance-package-on-tour-second-testbed-in-the-city-of-sofia/en>
<https://www.bloombergtv.bg/v-razvitie/2018-11-27/sofiya-tryabva-da-pokazva-predimstvata-ot-moderniziraneto-na-sgradite-na-sobstvenitsite-im>
13. Georgiev, G.; Zafirov, D.: Urban Air Mobility. Международна конференция „Knowledge and Smart Cities“, 26.11.2018, София.
https://www.sme.government.bg/uploads/2018/11/Conference-agenda_26.11.2018.pdf
14. Georgiev, G.: Urban air mobility – Urban planning integration. Amsterdam Drone Week, Amsterdam, 28.11.2018
15. Георгиев, Г.: Урбанистична инфраструктура за градска въздушна мобилност. Конференция „Sofia Smart City Marketplace“ в рамките на 7то издание на „Интелигентни градове“, 17.04.2019, София
<https://viaexpo.com/bg/pages/program-2019-smart-cities>
16. Georgiev, G.: Integration strategy for Urban Air Mobility: Principles and infrastructure. ОБУАМ workshop 2019, 18.09.2019, Munich.
17. Георгиев, Г.: Авиационна мобилност в интелигентни градове. Конференция Plovdiv Digital Week 2019, 25.09.2019, Пловдив