

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬОТНА АКАДЕМІЯ
НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Факультет авіаційного менеджменту
Кафедра аеронавігації, метеорології та організації повітряного руху

ДОЛГИХ В'ЯЧЕСЛАВ ДМИТРОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
**МОДЕЛЬ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ
АПАРАТІВ**

Спеціальність 272 «Авіаційний транспорт»

ОПП «Авіаційний транспорт»

Освітній ступінь – магістр

«Допустити до захисту»

Завідувач кафедри:

к.т.н., доцент _____ Кушнірова Н.І.

« _____ » _____ 2024р.

Науковий керівник:

к.т.н., доцент _____ Кушнірова Н.І.

Робота захищена:

« _____ » _____ 2024 р.

з оцінкою _____

Голова ЕК _____

Кропивницький 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) завжди були надбанням військових, проте останнім часом такі їх представники, як квадрокоптери, завойовують своє місце ще й у різних сферах цивільного життя. Щодня людство знаходить їм нові застосування, тим самим роблячи і певні апгрейди літаючих помічників. Дронам пророкують долю мобільних телефонів, тобто в недалекому майбутньому вони можуть стати незамінним атрибутом нашого життя. Це пояснюється, насамперед, порівняно невеликою їх вартістю, простотою керування, малими витратами на експлуатацію та утримання тощо. Головна перевага використання БПЛА – значно менші витрати коштів, оперативність, актуальність отриманих даних.

В нашому дослідженні ми приділяємо увагу професійній підготовці операторів БПЛА. Для цього ми вивчили існуючі програми підготовки як закордонні так і ті, що є в необмеженому доступі в нашій країні. На основі отриманих даних ми побудували модель навчання операторів БПЛА під час тренажерної підготовки та структурно-функціональну модель підготовки пілотів-операторів БПЛА.

Пояснювальна записка містить 19 рисунків, 6 таблиць, 50 літературних джерел, 103 сторінки.

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have always been the property of the military, but recently their representatives, such as quadcopters, have gained their place in various spheres of civilian life. Every day, humanity finds new applications for them, thus making certain upgrades for flying assistants. Drones predict the fate of mobile phones, that is, in the near future they may become an indispensable attribute of our lives. This is primarily due to their relatively low cost, ease of operation, low operating and maintenance costs, and so on. The main advantage of using UAVs is much lower costs, efficiency, relevance of the obtained data.

In our study, we pay attention to the training of UAV operators. To do this, we have studied the existing training programs, both foreign and those that are available in unlimited access in our country. On the basis of the obtained data, we built a training model for UAV operators during the simulator training and a structural and functional model for training UAV pilot operators.

The explanatory note contains 19 figures, 6 tables, 50 references, 103 pages.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
 РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВІДОМОСТЕЙ ЩОДО БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	 9
1.1 Дослідження класифікацій безпілотних літальних апаратів	9
1.2 Застосування безпілотних літальних апаратів у цивільних цілях.....	17
 РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	 47
2.1 Оператор безпілотного літального апарату – оператор складної системи керування	47
2.2 Особливості професійної діяльності операторів складних систем керування.	53
2.3 Методи професійної підготовки операторів безпілотних літальних апаратів.....	60
 РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	 69
3.1 Форми та засоби підготовки операторів безпілотних літальних апаратів..	69
3.2 Моделювання навчального процесу	79
3.3 Побудова моделі підготовки операторів безпілотних літальних апаратів.	87
 ВИСНОВКИ	 96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98

ВСТУП

Безпілотники вважаються однією з найпопулярніших технологій, що розвиваються в галузі глибоких технологій. Те, що колись вважалося просто часом для любителів з глибокими кишнями, тепер стало ключовою галуззю зростання в Індії. Є кілька галузей, які вже трансформуються завдяки навичкам пілотування безпілотників. Прикладом можуть бути комунальні послуги, де пілоти-безпілотники оглядають електролінії, телефонні вежі та вітряні турбіни; видобуток корисних копалин, де безпілотні літальні апарати (БПЛА) використовують для вимірювання запасів корисних копалин; доставка їжі та доставка упаковки, де безпілотники можуть бути використані для швидкої доставки пакунків при скороченні загальних витрат тощо. Індійський інститут безпілотників на своєму веб-сайті виклав ряд компаній, що процвітають в Індії.

Однак, оскільки це досить нове поле, пілоти-фрілансери-безпілотники зараз заробляють значно більше, ніж зайняті. Це зміниться у міру того, як нові технології стануть більш звичним явищем у країні.

Крім того, інтеграція безпілотників з такими технологіями, як AI та ML, лише підвищить їх ефективність та привабливість.

Деякі нещодавні державні проекти, що стосуються БПЛА, включають спеціалізовані безпілотні літальні апарати для оцінки ситуацій стихійних лих або пошуку жертв природних катастроф; інспекція залізниць в Індії та використання тривимірного картографування для реалізації виділеного вантажного коридору; інспекція безпілотників для виявлення незаконних видобутку корисних копалин та крадіжок; та використання безпілотників для управління мережею національних автомобільних доріг. Як повідомляють, експерти в цій галузі вважають, що Політика регулювання безпілотних літальних апаратів 2018 року відкриє нову еру мікропідприємців-безпілотників, які накопичуватимуть свої знання в галузі безпілотних літальних апаратів у багатьох сферах.

На сьогоднішній день пілоти безпілотників отримують найбільший дохід завдяки зйомці реклами та весільній фотографії. Тим не менше, такі нові галузі, як картографування залізничних колій, обстеження сонячних електростанцій, відстеження браконьєрів і навіть військове та поліцейське спостереження, швидко розвивають сферу діяльності пілотів-БПЛАів в Індії. У 2016 році, ще до скасування заборони, Factor Daily назвав політ безпілотника однією з найбільш затребуваних навичок у Бенгалуру.

Безпілотники - це хвиля майбутнього аерокосмічної галузі. Авіація традиційно є повільним і стабільним ринком, але технологія безпілотних літальних апаратів швидко впроваджує інновації, рухаючи ринок уперед із високою швидкістю. Їхні можливості та способи використання розширюються настільки швидко, наскільки люди можуть придумати використання, і вони готові зробити революцію майже в будь-якій галузі, про яку ви можете подумати. Зараз саме час, щоб стати пілотом безпілотника, який відповідає частині 107, і ви зможете вийти на ринок, поки він не стане повністю насиченим.

Мета дослідження полягає в розробці моделі підготовки оператора безпілотних літальних апаратів.

Мета дослідження досягається виконанням наступних поставлених задач дослідження:

- 1) Провести огляд класифікацій БПЛА та їх застосування в цивільній сфері.
- 2) Вивчити особливості професійної діяльності операторів БПЛА.
- 3) Розглянути існуючі в педагогіці форми, методи та засоби навчання.
- 4) Розробити модель підготовки операторів БПЛА.

Об'єктом дослідження є використання БПЛА в різних сферах.

Предмет дослідження розташований в межах об'єкту і представляє собою професійну підготовку операторів БПЛА.

Етапи дослідження:

- перший етап – теоретико-дослідницький;

- другий етап - експериментальний.

На першому етапі дослідження, теоретичному, ми провели порівняльну характеристику різних класів літальних апаратів, ознайомилися з існуючими видами та класифікацією БПЛА, провели огляд темпів розвитку технологій використання БПЛА. Нами були проаналізовані існуючі статті та наукові роботи, пов'язані з темою дослідження. Уточнювалися методологічні і теоретичні основи дослідження, формувалась мета, об'єкт, предмет дослідження, конкретизувались завдання дослідження і шляхи їх вирішення.

На цьому етапі дослідження використовувались **наступні методи**:

- теоретичний аналіз літературних джерел (підручники, наукова і методична література, автореферати і публікації, в яких розглядаються, класифікації БПЛА, сфери їх застосування, особливості проектування та використання);
- метод спостереження та первинного відбору емпіричного матеріалу в ході вивчення класифікацій БПЛА;
- метод аналізу (при вивченні методів, засобів та форм навчання, методик та навчальних планів підготовки пілотів-операторів БПЛА);
- метод узагальнення (при вивченні результатів досліджень в даній області).

На другому етапі дослідження, експериментальному, ми визначалися з вмістом та типом моделі, яку будемо будувати та розробили структурно-функціональну модель підготовки операторів БПЛА.

Методи, що використовувались на цьому етапі:

- структурний аналіз;
- системний підхід;
- аналогія;
- моделювання.

Наукова новизна дослідження полягає в розробці професіограми оператора БПЛА.

Практична значимість дослідження полягає у вдосконаленні професійної підготовки операторів БПЛА.

Апробація. Результати дослідження доповідались та отримали схвалення на засіданні кафедри аеронавігації, метеорології та організації повітряного руху:

Долгих В.Д. «Огляд програм підготовки операторів безпілотних літальних апаратів».

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ВІДОМОСТЕЙ ЩОДО БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

1.1 Дослідження класифікацій безпілотних літальних апаратів

Україна має повний цикл розвитку авіації та обладнання і займає значне місце на світовому авіаційному ринку в транспортному та регіональному секторі пасажирської авіації. Одним із перспективних напрямків сьогодні є створення безпілотні літальні апарати (БПЛА) [1; 2].

БПЛА відрізняються такими перевагами перед пілотованими літаками як: відсутність потреби в екіпажі та аеродромах з їх життєзабезпечувальними системами; відносно низька вартість і низькі витрати для їх створення, виробництва та експлуатації.

БПЛА можна використовувати в усіх сферах інтересів людини. Яскравим прикладом цього технологічного розвитку є використання БПЛА під час ліквідації надзвичайних ситуацій (НС).

В даний час існує ряд різних підходів до класифікації БПЛА, які враховують зв'язок між функціями та завданнями БПЛА. Так, у правилах польотів для безпілотних авіаційних комплексів державної авіації України, є розмежування в класифікації безпілотних літальних транспортних засобів та безпілотних авіаційних комплексів, який є загальним для державної безпілотної авіації України [3]. На основі аналізу класифікації БПЛА, вони в основному належать до військової сфери. На сьогоднішній день не існує нормативно-правового документу, в якому є класифікація безпілотних літальних апаратів та безпілотних авіаційних комплексів (БАК), що належать для цивільної сфери. Розглядаючи зазначене питання класифікації, визначення набору функцій і завдань БПЛА в цивільній сфері є актуальним для дослідження з урахуванням досвіду в провідних країнах світу.

Немає єдиного стандарту класифікації БПЛА. В оборонних відомствах є свої власні стандарти, а цивільні мають свій стандарт, який постійно

розвивається та вільні категорії БПЛА. Можна класифікувати їх за розміром, дальністю та тривалістю польоту та використовувати систему рівнів, яку використовують військові [4].

За стандартами НАТО БПЛА, а також літаки з пілотом на борту поділяються на 3 класи за загальною злітною вагою (Табл. 1.1):

I – загальна злітна маса до 150 кг.

I клас поділяється на категорії:

- мікро – до 2 кг;
- міні – до 15 кг;
- малі – від 15 кг.

II – повна злітна маса до 600 кг.

III – загальна злітна маса понад 600 кг.

Таблиця 1.1

Класифікація БПЛА за стандартами НАТО[5]

Class	Category	Normal Employment	Normal Operating Altitude	Normal Mission Radius	Primary Supported Commander	Example Platform
Class III (> 600 kg)	Strike/ Combat	Strategic/National	Up to 20 000 m	Unlimited (BLOS)	Theatre	Reaper
	HALE	Strategic/National	Up to 20 000 m	Unlimited (BLOS)	Theatre	Global Hawk
	MALE	Operational/Theatre	Up to 14 000 m	Unlimited (BLOS)	JTF	Heron
Class II (150–600 kg)	Tactical	Tactical Formation	Up to 5500 m	200 km	Brigade	Hermes 450
Class I (<150 kg)	Small (>15 kg)	Tactical Unit	Up to 1500 m	50 km	Battalion, Regiment	Scan Eagle PD-2
	Mini (<15 kg)	Tactical Sub -unit	Up to 900 m	Up to 25 km	Company, Platoon, Squad	Skylark
	Micro (<66 J)	Tactical Sub -unit	Up to 60 m	Up to 5 km	Platoon, Squad	Black Widow

У класифікації НАТО БПЛА поділяються на класи за категорією БПЛА, рівнем бойових дій, висотою застосування, радіусом дії, рівнем використання [5].

Міністерство оборони США використовує п'ять груп для класифікації БПЛА, за якою БПЛА поділяються за розміром, максимальною злітною вагою, робочою висотою та швидкістю (Таблиця 1.2) [4].

У класифікації НАТО та класифікації Міністерства оборони США БПЛА поділяються на класи за загальною злітною вагою, але різняться кількість класів, на які вони поділяються, а також вага, за якою вони розділені.

Тому через відсутність єдиної класифікації безпілотних літальних апаратів може виникнути проблема, коли БПЛА однієї моделі можна віднести до різних класів за різними класифікаціями.

Таблиця 1.2

Класифікація БПЛА міністерства оборони США

Group:	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
<i>Size</i>	<i>Small</i>	<i>Medium</i>	<i>Large</i>	<i>Larger</i>	<i>Largest</i>
Max take-off weight	< 20 lb (9.1 kg)	> 20 & < 55	> 55 & < 1320	>1.320 lb (600 kg)	>1.320 lb (600 kg)
Operating altitude	< 1,200 ft (370 m)	< 3.500 ft (1,100 m)	< 18.000 ft (5.500 m)	< 18.000 ft (5.500 m)	> 18.000 ft (5.500 m)
Speed	< 100 kn (190 km/h)	< 250 kn (460 km/h)	< 250 kn (460 km/h)	Any speed	Any speed

Методи класифікації безпілотних літальних апаратів засновані на використанні різноманітних функцій БПЛА. Безпілотні літальні апарати можна класифікувати за допомогою наступних характеристик.

Класифікація БПЛА за типом літального апарату. За типом літальних апаратів основні типи БПЛА — літакового та вертолітного типу, та мультироторні.

БПЛА літакового типу. Також відомі як БПЛА з нерухомим крилом. У БПЛА цього типу підйомна сила створюється аеродинамічним методом за допомогою тиску повітря, що надходить на нерухоме крило. У конструкціях БПЛА цього типу використовуються практично всі компоновочні схеми літальних апаратів і типи фюзеляжів, які зустрічаються в пілотованій авіації. У більшості випадків БПЛА цього типу характеризуються великою

тривалістю польоту, високою максимальною висотою польоту та високою швидкістю.

БПЛА вертолiтного типу. БПЛА вертолiтного типу також вiдомi як гвинтокрили БПЛА (вертолiтнi БПЛА). Пiдйомна сила в БПЛА вертолiтного типу створюється аеродинамiчно, за рахунок обертових лопастей гвинта, а не за рахунок крил. Крила або зовсiм вiдсутнi, або грають допомiжну роль. Очевиднi переваги БПЛА вертолiтного типу це здатнiсть зависати на точцi i висока маневренiсть.

Мультироторнi: БПЛА, якi мають бiльше одного ротора. Найбiльш часто використовуваними конструкцiями є трикоптери, квадрокоптери, гексакоптери та октакоптери.

Гiбридний VTOL з нерухомим крилом: гiбриднi БПЛА з бiльшим часом польоту. Вони мають стабiльнiсть БПЛА з нерухомим крилом, а також здатнiсть зависати, злiтати та приземлятися вертикально. СВВП вiдноситься до вертикального зльоту i посадки [6].

Для класифiкацiї за розміром можна використовувати наступнi пiдкласи: дуже малi БПЛА, мiкро- або нано БПЛА, малi БПЛА, мiнi-БПЛА, середнi БПЛА, великi БПЛА [4].

Дуже малi БПЛА: клас дуже малих БПЛА вiдноситься до БПЛА, розмір яких коливається вiд розміру великої комахи до 30–50 см у довжину. Комахоподiбнi БПЛА з махаючими або обертовими крилами є популярним мiкропроектom. Вони надзвичайно малi за розміром, дуже легкi. Бiльшiсть використовують звичайну конфiгурацiю лiтака. Вибiр мiж поворотними або маховими крилами залежить вiд бажаної маневреностi. Конструкцiї на основi махових крил дозволяють приземлятися на невеликi поверхнi. Прикладами дуже малих БПЛА є IAI Malat Mosquito, Aurora Flight Sciences Skate i Cyber Technology CyberQuad.

Малi БПЛА: клас малих БПЛА (також iнодi їх називають мiнi-БПЛА) вiдноситься до БПЛА, принаймнi один розмір яких перевищує 50 см i не бiльше 2 метрiв. Багато конструкцiй у цiй категорiї заснованi на моделях з

нерухомим крилом, і більшість запускаються вручну, підкидаючи їх у повітря. Деякі з БПЛА цього класу побудовані на базі гвинтокрила.

Середні БПЛА. Середні БПЛА – це БПЛА, які занадто важкі, щоб їх перевозила одна людина, але менші за легкі літаки. Зазвичай вони мають розмах крил близько 5–10 м і здатні нести вантаж від 100 до 200 кг. Прикладами середніх БПЛА з фіксованим крилом є Hunter, Watchkeeper, Boeing Eagle Eye, RQ-2 Pioneer, BAE Skyeeye R4E і RQ-5A. RS-20 компанії American Aerospace є ще одним прикладом перехресного БПЛА, який відповідає специфікаціям малих і середніх БПЛА.

Великі БПЛА: клас великих БПЛА відноситься до великих БПЛА, які використовуються переважно для військових операцій. Прикладами таких великих БПЛА є General Atomics Predator A і B і Northrop Grumman Global Hawk [4].

Класифікація за дальністю та тривалістю польоту.

БПЛА дуже близької дії: цей клас включає БПЛА з дальністю польоту 5 км, часом роботи від 20 до 45 хвилин. БПЛА цього класу дуже близькі до моделей літаків.

БПЛА ближнього радіусу дії: БПЛА цього класу мають радіус дії 50 км і час роботи від 1 до 6 годин.

БПЛА малої дальності: включає БПЛА цього класу, які мають радіус дії 150 км або більше та час роботи від 8 до 12 годин.

БПЛА середньої дальності: цей клас включає БПЛА з надвисокою швидкістю та радіусом дії 650 км.

Витривалі БПЛА: цей клас включає БПЛА з часом роботи 36 годин і радіусом дії 300 км. Цей клас БПЛА може працювати на висоті 30 000 футів [4].

Класифікація за ступенем автономності: БПЛА також можна класифікувати за ступенем автономії в польоті.

Рівень 0: Без автоматизації. Пілот повністю контролює кожен рух. БПЛА постійно управляються вручну.

Рівень 1 – допомога пілота. Пілот продовжує контролювати загальну роботу та безпеку БПЛА. Однак дрон може виконувати принаймні одну життєво важливу функцію протягом обмеженого періоду часу. Тобто мати контроль над БПЛА і ніколи не контролювати швидкість і напрямок одночасно, але він може забезпечити навігаційну підтримку та/або підтримувати висоту та положення.

Рівень 2 – часткова автоматизація. Пілот, як і раніше, відповідає за безпечну роботу БПЛА і повинен бути готовий взяти під контроль дрон, якщо щось трапиться. Однак за певних умов дрон здатний контролювати курс, висоту та швидкість. Пілот все ще повністю контролює повітряний простір, умови польоту та екстрене реагування. Більшість виробників зараз створюють дрони на цьому рівні, де платформа може допомогти з функціями навігації та дозволити пілоту відмовитися від деяких завдань.

3 рівень – умовна автоматизація. Як і на рівні 2, безпілотник може літати сам, але людина-оператор все одно має бути наготові взяти на себе контроль у будь-який момент. БПЛА сповіщає пілота про необхідність втручання, тому пілот діє як резервна система. Цей рівень означає, що дрон може виконувати всі функції «за певних умов».

Рівень 3+ – автоматичне розгортання дрона. Автономність дрона можна виміряти іншим способом, враховуючи його робоче середовище. Деякі виробники досягли прогресу в автоматизації розгортання дронів шляхом створення «повністю автоматизованих коробок для дронів». Це означає, що немає потреби в особі, яка б спостерігала за польотом.

Рівень 4 – висока автоматизація. Дроном може керувати людина, але це не завжди потрібно. За відповідних обставин він може літати самостійно. Очікується, що дрон використовуватиме резервні системи, щоб у разі збою однієї системи він залишався працездатним. Його поведінка залежить від фіксованого набору правил або фіксованої вбудованої функції, яка визначає поведінку системи.

Рівень 5— повна автоматизація. Дрон сам керує за будь-яких умов, не чекаючи втручання людини. Це включає повну автоматизацію всіх польотних завдань за будь-яких умов. Немає жодних прикладів БПЛА даного типу на даний момент. Однак очікується, що вони зможуть використовувати інструменти штучного інтелекту для планування своїх польотів, іншими словами, автономні системи навчання зі здатністю змінювати нормальну поведінку [7].

Класифікація за висотою польоту.

Маловисотний БПЛА літає на висоті до 1000 м. Ці БПЛА належать до категорії мікро-БПЛА.

Середньовисотний БПЛА має максимальну висоту від 1000 м до 10000 м. До цієї категорії відноситься великий БПЛА.

Висотні БПЛА — це всі БПЛА, які можуть літати на висоті понад 10 000 м. Є занепокоєння, що робота цих БПЛА може заважати комерційним і військовим пілотованим літакам, тому необхідні високотехнологічні системи запобігання зіткненням, які мають бути розроблені та інтегровані в ці БПЛА для польотів у заповненому повітряному просторі [8].

Класифікація БПЛА за типом двигуна.

Поршневі двигуни. Переваги двотактного двигуна: двотактні двигуни широко використовуються в БПЛА через меншу масу; мають високе співвідношення потужності до ваги (P/W); вони мають кращий SPED (щільність рушійної енергії). Недоліки: високий рівень шуму в порівнянні з чотиритактними двигунами і двигуном Ванкеля.

Двигун чотиритактний. Переваги: краща економія палива, ніж двигун Ванкеля. Недоліки: досить шумний, мало використовується через велику вагу; дуже низьке співвідношення потужності до ваги порівняно з двотактним двигуном.

Двигун Ванкеля. Переваги: високе співвідношення потужності до ваги; проста конструкція; витривалість і надійність роботи, тому можлива робота на високих оборотах; безклапанна система; центр маси поршня перекриває вісь

ексцентрика, забезпечуючи повне динамічне балансування; можливість використання низькооктанового палива, ніж у традиційному поршневому двигуні; легкий запуск двигуна при низьких температурах. Недоліки: високий викид вуглекислого газу; більш висока вартість виробництва порівняно з поршневими двигунами; велика витрата палива; відносно низький крутний момент [9].

Переваги реактивного двигуна: дуже високе співвідношення потужності до ваги (мала вага), дуже мала вага порівняно з іншими двигунами. Недоліки: дуже висока витрата палива, не використовується в малих БПЛА через низьку економію палива на низьких обертах.

Турбореактивний двигун: переваги: дуже високе співвідношення потужності до ваги (мала вага), відносно легкий порівняно з іншими. Недоліки: дуже висока витрата палива.

Турбогвинтовий двигун. Переваги: споживає дешевше паливо (авіаційний гас), ефективний на малих крейсерських швидкостях, мала вага, його поточне обслуговування менш складне, ніж в інших двигунах.

Електричний двигун. Переваги: більш ефективний, ніж інші технології, мала вага, хороше співвідношення потужності до ваги. Недоліки: низьке значення SPED (щільність рушійної енергії), не підходить для великих відстаней через низькі значення енергії в батареях [9].

Класифікація за принципом зльоту і посадки: горизонтальний зліт і посадка (HTOL), вертикальний зліт і посадка (VTOL), з використанням засобів старту і посадки.

Горизонтальний зліт і посадка розглядається як продовження літака з нерухомим крилом. Мають високу крейсерську швидкість і плавну посадку. Дрон VTOL має здатність зависати вертикально в польоті та приземлятися вертикально, але їх крейсерська швидкість обмежена через уповільнення відступаючих гвинтів [10].

Класифікація за методами керування: лінійні контролери польоту: керування БПЛА за допомогою лінійних методів є звичайними алгоритмами

керування польотом, такими як пропорційна інтегральна похідна (PID), H_∞ контролер, планування посилення та лінійно-квадратичний регулятор (LQR) [11].

Класифікація за сферою застосування.

Особисті: використовується для таких завдань, як відеозйомка та розваги.

Комерційний: використовується для таких завдань, як доставка продуктів, моніторинг інфраструктури та аерофотозйомка.

Уряд і правоохоронні органи: використовується для таких завдань, як гасіння пожеж і патрулювання.

Військові: використовується для таких завдань, як спостереження та бойові атаки [6].

1.2 Застосування безпілотних літальних апаратів у цивільних цілях

Застосування БПЛА в цивільному секторі нині перебуває в очікуванні вирішення деяких технічних та організаційних проблем, без чого неможливе стабільне їх використання.

Основні проблеми пов'язані з використанням повітряного простору, виділенням частотного діапазону для управління БПЛА та передачі інформації з борту на землю та навпаки і, нарешті, з розвитком ринку цивільних послуг, що знаходиться на стадії становлення.

З поставлених цивільним сектором ринку завдань застосування БПЛА насамперед хочеться відзначити такі, які найближчим часом можуть стати затребуваними. Це насамперед контрольні функції БПЛА. За допомогою безпілотних систем можна контролювати як технічний стан об'єктів, так і їхню безпеку та функціонування, притому, що контрольовані об'єкти можуть перебувати на великій відстані (протяжні об'єкти) [12].

Звідси можна дійти невтішного висновку, що інтерес, який останнім часом виявляють організації теплового енергетичного забезпечення (ТЕЗ) до використання БПЛА, закономірний. Маючи у своїй структурі сотні тисяч

кілометрів трубопроводів, які досить слабо охороняються, а часто й взагалі не охороняються, підприємства ТЕЗ безпосередньо зацікавлені у використанні безпілотних систем. Проста економічна вигода підштовхує підприємства ТЕЗ до прийняття рішень щодо використання БПЛА, і цей процес, який перебуває на даний момент у початковій стадії, буде неухильно розвиватися.

На жаль, у керівництві цих компаній досі немає єдиного уявлення про те, як за допомогою БПЛА отримати найбільший ефект (економічний, зокрема) від застосування безпілотних систем. У надрах деяких серйозних організацій почали формуватися уявлення про використання БПЛА і, у зв'язку з цим, концепції застосування БПЛА в інтересах компаній.

Основне питання у цій сфері – це набуття статусу повітряного судна (ПС) безпілотними апаратами.

БПЛА, не будучи ПС, не підлягають реєстрації в реєстрі ПС і не мають Свідоцтва про реєстрацію та придатність до використання. Їм неможливо, та й не потрібно отримувати дозвіл на використання повітряного простору. А це вже загрожує найсерйознішими наслідками. Апарат, здатний літати на висоті до 4 км зі швидкістю до 250 км/год, масою близько 100 кг, може піднятися в повітря без дозволу на використання повітряного простору, адже за класифікацією – це радіокерована модель. У цій ситуації скоріше потрібні не заборонні заходи, а організація дозвільних заходів.

В рамках чинного законодавства є вид авіації, в якому «безпілотники» можуть існувати на законних підставах. Це – експериментальна авіація. Цим шляхом йдуть і інші країни (США, Європа). У цій галузі є багаторічний досвід використання літальних апаратів, нормативні документи, розроблені десятиліттями, також є можливість контролю над технічним станом БПЛА та багато іншого. Отримавши статус ПС у рамках експериментальної авіації, БПЛА зможуть використати повітряний простір за існуючими правилами.

Звичайно, всі БПЛА мають бути застраховані від збитків третім особам. БЛА повинні мати на борту транспондери, які відповідають усім вимогам ІКАО у цій галузі. Ті БЛА, які не здатні нести апаратуру СНО-2, можуть

літати лише у спеціально відведених районах за попередніми заявками з більшим терміном сповіщення [13].

Одним з найбільш трендових на сьогодні напрямів використання безпілотників – це їх використання з логістичною метою, тим самим створюючи нове середовище конкуренції автомобільним транспортним компаніям. Тут переважають кілька основних напрямків: кур'єрський, для доставки «останньої милі», аеротаксі для транспортування людей, і внутрішньовиробниче, тобто складські дрони, здатні зчитувати штрих-коди з упаковок і проводити технологічну інвентаризацію.

Одним із перших великих розробників «кур'єрських» безпілотників став сервіс доставки замовлень «Prime Air» (Рис. 1.1) популярного інтернет-рітейлера Amazon, для того щоб прискорити та здешевити доставку, його тестова робота була анонсована у грудні 2013 року. За розрахунками даний сервіс дозволяє доставляти товар вагою не більше 2,27 кг на протязі 30 хвилин, що в 4 рази швидше за діючий найшвидший спосіб доставки «Prime Now». Досягнення такої швидкості доставки безпілотником відбувається за рахунок усунення всіх недоліків, властивих наземному транспорту, наприклад, світлофори, пробки тощо [14].



Рис. 1.1 Прототип вантажного квадрокоптера програми
«Amazon Prime Air»

Робота логістичної схеми «Prime Air» досить проста. На першому етапі «Make purchase» покупець здійснює он-лайн замовлення із зазначенням способу доставки «Prime Air». На другому етапі «Amazon staff would pack the item into a box» співробітниками логістичного центру обраний клієнтом товар упаковується та готується до транспортування. На третьому етапі «The box would then be transferred to a drone» підготовлений товар завантажується в спеціальний бокс транспортування. На фінальному четвертому етапі «If would fly directly to the designated location and drop the box of all within 30 minutes or less» безпілотник протягом 30 хвилин і менше летить за вказаною в доставці адресою, здійснює посадку, здійснює вивантаження товару і повертається назад, тільки після клієнт забирає товар із місця вивантаження.

Першу тестову, комерційну доставку (ТВ-приставку та пачку попкорну) з використанням безпілотника компанія провела у Великій Британії у грудні 2016 року. Двоє англійців, які проживають у Кебриджі поблизу експериментального «дрондрому», змогли скористатися послугою даного сервісу. Вага вантажу складала 2.1 кг і благополучно була доставлена через 13 хвилин після оформлення замовлення. Управління польоту безпілотника, від зльоту до посадки, як і приміщення вантажу в бокс транспортування, велося в автоматичному режимі, а точне місце посадки необхідно було позначати за допомогою спеціального QR-коду [15].

У проекті, крім раніше представлених безпілотників, використовувався ще один апарат (Рис. 1.2) гібридної конструкції вагою 25 кг і дальністю польоту близько 24 кілометрів. При польоті дрон піднімається на висоту до 122 метрів - відповідно до обмежень FAA і раніше запропонованої представниками Amazon концепцією поділу повітряного простору для малих безпілотників на зони для високошвидкісних комерційних польотів та локальних польотів технічних та приватних безпілотників [16].



Рис. 1.2 Гібридний дрон програми «Amazon Prime Air»

Гібридна модель, представлена в листопаді 2015 року, має на увазі поєднання конструкції вертольота і літака, що дозволило дрону здійснювати перельоти на далекі відстані і при цьому здійснювати вертикальні зльоти і посадки, що вкрай необхідно для доставки вантажу в умовах щільності і висоти забудов.

Наступною компанією, що віддає серйозний пріоритет у цій галузі, є «DHL Express», світовий лідер у галузі міжнародної логістики та експрес-доставки.

Свої перші тестові випробування компанія розпочала у 2013 році у Німеччині, місті Бонн. Проект, який отримав назву «Parcelcopter», що можна перекласти з російської як «посилколет», протягом тижня переправляв вантажі через річку Рейн (Рис. 1.3). На одному березі розташовувався стартовий майданчик, де до безпілотної прикріплювався вантаж, а на другому поряд зі штаб-квартирою DHL знаходилася точка скидання вантажу. Відстань, яку долав безпілотною «Parcelcopter» для доставки вантажу складала 1 км.



Рис. 1.3 Тестовий політ компанії DHL «Parcelcopter»

Через рік, восени 2014 року льотні випробування відновилися, де головним завданням було на протязі 3-х місяців здійснювати транспортування медикаментів та предметів першої необхідності з міста Норддайх на острів Йюст, Німеччина.

Маршрут польотів передбачав політ над Північним морем і мав протяжність 12 кілометрів, що набагато більше, ніж при перших випробуваннях. Експериментальна схема транспортування виглядала так: медичні співробітники з острова Йюст робили замовлення ліків, потім вони доставлялися в точку запуску безпілотної «Parcelcopter 2.0» в районі північного узбережжя міста Норддайх, потім в автономному режимі дрон летів на острів і робив посадку. Ліки вивантажувалися та доставлялися замовнику. Як і очікувалося результатом льотних випробувань було отримано позитивний висновок [17].

Наступний етап тестових випробувань дрону третього покоління відбувся з січня по березень 2016 року, де було обрано територіальну зону з деякими ускладненими кліматичними умовами, Баварські Альпи, Німеччина. Польоти ускладнювалися ще тим, що крім відстані 8,3 кілометра, між місцем відправлення та місцем доставки спостерігався перепад висот 500 метрів [18].

У ході випробувань у гірському селищі встановили автоматизовану поштову станцію для дронів – DHL Packstation with SkyPort. Клієнт приносить

свою посилку на станцію, встановлює її в спеціальний бокс, внутрішня автоматика транспортує її до безпілотної, після чого дах поштової станції відкривається і дрон відправляється в точку розташування наступної автоматизованої станції, але для доставки вантажу. Третя модель компанії DHL нагадують аналогічну, гібридну модель «Amazon Prime Air» розглянуту вище, яка здатна злітати вертикально, як гелікоптер і переміщатися горизонтально, як літак.

Третя версія проекту літає майже вдвічі швидше за попередню модель і досягає 70 км/год. За два місяці тестів «Parcelcopter» доставив 130 посилок з баварських Альп, літаючи на висоті понад 1000 метрів над рівнем моря.

Наступним напрямом у логістиці є внутрішньовиробниче застосування дронів, які здатні кардинальним способом його змінити. Під внутрішньовиробничим застосуванням у першу чергу необхідно розглядати інвентаризацію складських приміщень досить трудомісткий, що займає тривалий час і має обмеження за точністю процес, але цінна ділова діяльність тепер може виконуватися повітряно, інтелектуально та автономно.

Виглядає він не зовсім так, як раніше, коли співробітникам складських приміщень доводилося записувати в журналі всі наявні позиції. На зміну цим журналам прийшли QR-коди, штрих-коди та RFID, які значною мірою допомогли прискорити цей процес.

Одна з технологій використання професійних дронів, яку тепер можуть запровадити фахівці з інвентаризації, називається «FlytWare» (Рис. 1.4).

FlytWare включає інтелектуальне програмне забезпечення, готове обладнання (камери, сканери, датчики) для автоматичного зчитування штрих-кодів, QR-кодів, безпілотним літальним апаратом, хмарний зв'язок, можливість віддаленого керування парками дронів і підтримку всього основного обладнання дронів, для безпечної та економічно ефективної автоматизації обліку запасів на складах, у розподільчих центрах тощо. Команда розробників проекту вирішивши головні проблеми автономної навігації, тобто середовище позбавлене GPS, для орієнтації двох і більше

дронів за допомогою методів комп'ютерного зору та машинного навчання перейшла до комерційного рішення [19].



Рис. 1.4 Схема роботи технології інвентаризації складських приміщень «FlatWare»

Не можна не відзначити і успіхи в цьому напрямку німецької компанії Linde Material Handling (Linde MH), яка є однією з провідних світових лідерів у виробництві гідравлічних комплектуючих для будівельної, складської, сільськогосподарської та лісозаготівельної техніки. На найбільшій щорічній виставці внутрішньої логістики в Штутгарті в 2017 році компанія представила прототип дрону «Flybox» для інвентаризаційних робіт на складах.

Гексакоптер (шести-гвинтова система), оснащений камерою, далекоміром та пристрій для зчитування штрих-кодів. Відмінною особливістю цього дрона є те, що він використовується одночасно з автономним роботизованим навантажувачем. Дрон і навантажувач у процесі інвентаризації об'єднані в єдину систему і з'єднані за допомогою саморегулюючого довжини кабелю і перетворювача напруги.

За допомогою даного технічного рішення фахівці вирішили одразу дві актуальні проблеми у використанні дронів на складах: по-перше, безперебійне електроживлення (часто дрони маю низьку енергоефективність), по-друге,

завдяки інноваційній системі геонавігацій визначати місцезнаходження дрона у певний момент часу без використання GPS.

Безпілотник, піднімаючись вгору вздовж стелажу, робить фотографування кожного палетомісця і зчитує штрих-коди, складованих товарів. Досягши верхньої частини полиці стелажу він починає зміщуватися вліво або право одночасно з синхронізованим з ним електро-штабелером (навантажувачем) і продовжує процес інвентаризації зверху вниз.

Після цього він рухається далі і повторює хвилеподібні рухи до тих пір, поки всі дані про всю стелажну секцію не будуть зібрані і передані в комп'ютерну систему з управління складом, які можуть бути в будь-який момент переглянуті в спеціальному програмному забезпеченні, що відображає дані про кожне місце в секції, штрих-код та фотоматеріали.

Дрон створений для повністю автономної роботи і здатний здійснювати процес інвентаризації в не робочі години: вночі або у вихідні.

Все XX століття людство намагалося втілити в життя ідею гібрида автомобіля та літака, який дозволив би пересуватися повітрям, і вулицями міста, але тільки в останні десятиліття технології досягли необхідного рівня, щоб дійсно створити масову модель завдяки доступності композитних, конструкційних матеріалів, підвищенню питомої потужності двигунів та досягненню значних успіхів у галузі системного, програмного та апаратного забезпечення.

Історія аеротаксі, як масового виду транспорту почалася в 2016 році, коли компанія Uber опублікувала план проекту Elevate, що представляє собою концепцію роботи сервісу «таксі, що льотять». Його основна мета — створити систему пасажирських перевезень повітрям за допомогою тихих і малогабаритних літальних апаратів, які переміщатимуть між майданчиками Uber Skyport на дахах хмарочосів, а викликати транспорт і пройти на майданчик можна буде за допомогою програми на мобільному телефоні.

У 2017 році компанія зібрала учасників, що займаються розробками «аеротаксі» на першу конференцію з міських повітряних перевезень. Ці події

стали ключовими для галузі і стало зрозумілим, що аеротаксі – це не мрія, а конкретний план.

Самостійно розробляти та виробляти літальні апарати компанія Uber не планувала. Натомість вона оголосила тендер на їх розробку та постачання і вже у 2019 році на найбільшій у світі щорічній виставці споживчої електроніки (CES), що проходить у Лас-Вегасі, свій повномасштабний концепт (Рис. 1.5) для Uber представила американська компанія «Bell Helicopter».

Назву транспортний засіб отримав «Bell Nexus», що має гібридну конструкцію з поворотними гвинтами, розробленою французькою компанією Safran Helicopter Engines. Для роботи апарату використовується два види джерела енергії: бортові акумулятори та газова турбіна. Гібридна, а не чисто електрична система руху була обрана для того, щоб збільшити вантажопідйомність та запас ходу аеротаксі. Тяга, що виходить, рівномірно розподіляється між шістьма моторами, що приводять в рух гвинти, які забезпечують вертикальний зліт і посадку, швидкість і контроль балансу в польоті. Варто зазначити, що можливість вертикального набору висоти стане життєво необхідною умовою обмеженого міського простору.



Рис. 1.5 Концепт аеротаксі «Bell Nexus»

За своїми розмірами «Bell Nexus» вписується в розміри вертолітного майданчика розмірами 11x11 метрів. Планується, що п'яти місцеве аеротаксі літатиме на відстань до 240 кілометрів, долаючи його за одну годину. Повна злітна вага машини може становити близько 2720 кг, з вантажопідйомністю – від 360 до 450 кілограм [20].

У 2020 році в Мельбурні з'явиться тестова лінія безпілотних аеротаксі UberAIR, яка зв'яже аеропорт та один із міських торговельних центрів. Загалом тести пройдуть у трьох містах, включаючи Лос-Анджелес та Даллас, а у 2023 році Uber планує запуснути комерційні польоти.

Наступним розробником мультикоптерних аеротаксі, тієї ж інфраструктури є німецька компанія «Volocopter» раніше (E-volo), виробник електричного повітряного транспорту для перевезення пасажирів та вантажів. Першу практичну реалізацію концепції «Volocopter» було здійснено, у жовтні 2011 року, одномісним прототипом VC1, який здійснив перший у світі повністю електричний пілотований політ. У кріслі пілота знаходився один із розробників - фізик Thomas Senkel, якому доводилося балансувати на кулі просто неба. Мультикоптер протримався у повітрі півтори хвилини, після чого благополучно приземлився.

Після отримання фінансування від Федерального міністерства економіки та технологій Німеччини, в середині 2012 року інженери компанії провели успішну модернізацію свого унікального одномісного електричного мультикоптера у двох місний «Volocopter VC200» з формою властивими звичайному гелікоптеру, і який позиціонують як новий вид особистого транспорту, який у майбутньому може використовуватися як міський «аеротаксі».

Двомісне аеротаксі VC200 оснащено 18 окремими електродвигунами (роторами), досягає швидкості 50 км/год і розрахований на відстань від 25 до 30 км. Живлення ротори одержують від літєвих акумуляторних батарей, заряд яких становить близько 30 хвилин. «Volocopter» виготовлений з легких композитних матеріалів та вуглецевого волокна. Пропелери розташовані

трійками у кожному із шести блоків. Порожній мультикоптер важить 290 кілограмів і може приймати на борт 160 кілограмів, тобто максимальна злітна вага VC200 становить 450 кілограмів. Апарат може керуватися джойстиком або летіти автономно по заданих контрольних точках, тобто перетворитися на повноцінний безпілотник. Як засоби безпеки мультикоптер оснащений аварійними парашутами.

Офіційний дозвіл на тестові польоти аеротаксі «Volocopter VC200» від авіаційної влади Німеччини компанія отримала лише у 2016 році. Випробування коптера проходили на одному з німецьких аеродромів, а його першим пілотом став один із засновників компанії Олександр Цозел.

Під час тестових польотів мультикоптер піднявся на висоту 25 м та розігнався до 25 км/год. Однією з переваг розробки був льотний механізм, він спроектований таким чином, що забезпечує стабільну роботу, навіть коли частина приводу вийде з ладу.

Роботу автоматики забезпечує бортовий комп'ютер, який обробляє команди з органів управління і здатний без проблем обійтися навіть за аварійного відключення кількох моторів.

На виставці спільної авіації «AERO Friedrichshafen» у Німеччині у 2017 році компанія представила нову серійну модель, пасажирського дрону «Volocopter 2X», який був побудований на основі прототипу «Volocopter VC200».

Конструкція кільцевої рами Volocopter 2X перейшла від свого попередника, 18 роторів, які об'єднані для зручності управління на шість груп, по три ротори в кожній. У оновленій версії збереглося кілька варіантів пілотування: автономний політ чи пілотування з кабіни.

Максимальна повітряна швидкість мультикоптера становить близько 100 км/год, висота — 2,15 м, діаметр гвинтової системи — 7,35 м, модель оснащена 9 незалежними літєвими батареями, заряду якого вистачає на 30 хвилин (30 кілометрів шляху при крейсерській швидкості 70 км /год), повний час зарядки батарей менше двох годин, вантажопідйомність збереглася і

становить 450 кг, так само зберігся повнорозмірний парашут для забезпечення підвищеної безпеки пасажирів.

Наприкінці серпня 2019 року компанія представила фінальну версію комерційного аеротаксі «Volocity» (Рис. 1.6), який складе основу перспективного сервісу аеротаксі «Volocopter». Літальний апарат повністю відповідає вимогам Європейського агентства з авіаційної безпеки (EASA). «VoloCity» створено на основі перших тестових моделей, які виконали понад 1000 випробувальних польотів, щоб інженери змогли виявити та врахувати всі слабкості та уявити фінальну модель.

Конструкція також зберігає конфігурацію мультикоптера, що перейшла від моделі «Volocopter 2X», але компанія покращила аеродинаміку балок, у яких встановлено 18 роторів. Було збільшено підйомну силу і вдосконалено стійкість апарату в польоті. Аеротаксі зможе виконувати польоти з максимальною швидкістю до 110 км/год на відстань до 35 кілометрів і зможе перевозити двох людей із ручною поклажею. Варіанти пілотування: автономний та під управління пілота з кабіни. Volocity буде експлуатуватися зі спеціальних наземних майданчиків Voloports, розробка яких здійснюється спільно з британською компанією Skyports [21].



Рис. 1.6 Аеротаксі «Volocity»

Інший відомий проект, китайська компанія "Beijing Yi-Hang Creation Science & Technology Co", що займається розробкою безпілотних літальних

апаратів, пасажирський дрон – «EHang 184», який був представлений на виставці CES 2016 в Лас-Вегасі.

Літальний апарат виконаний за схемою квадрокоптера, має чотири промені, чотири пари співвісних гвинтів із вісьмома електромоторами - по два на кожному промені. «EHang 184» може перевозити одного пасажирів на швидкості до 100 км/год. Час польоту – до півгодини, за які можна подолати близько 16 кілометрів. Принцип управління – автономний. Вага апарату 200 кг з вантажопідйомністю 100 кілограм. Управління аеротаксі здійснюється з єдиного центру в автоматичному режимі. У середині кабіни немає жодних елементів керування – лише сенсорний екран, де пасажир задає кінцевий пункт прибуття та натискає команду “старт”.

2016 був активним періодом льотних випробувань апарату, розробники перевіряли основні льотні системи мультикоптера, роботу бортових електричних систем, маневреність, керованість і можливість виконувати нічні польоти [22].

У лютому 2018 року компанія представила нову модель коптера – «EHang 216». За основу було взято попередню модель безпілотної, але тепер він має вісім променів з 16 електромоторами і 16 пропелерами замість восьми.

Дане конструктивне рішення дозволило збільшити вантажопідйомність апарату та зробити аеротаксі двомісним. Безпілотної також здатний безперервно перебувати в повітрі до півгодини і долати відстань 35 кілометрів, при цьому повна зарядка дрону не займає більше двох годин. Апарат здатний підніматись на висоту 500 метрів. Тип управління - автономний, з єдиного центру. Дрон пройшов численні випробування в Китаї, Австрії та США понад 1000 польотів, у тому числі в умовах шторму та поганої видимості та налітав близько 7000 годин (2000 з них – за участю пілотів).

Будівельна сфера активно застосовує нові технології та інструменти. Безпілотні літальні апарати не стали винятком, а навпаки стали одним із високоефективних комерційних інструментів, який при моніторингу не

порушує технологічні процеси на майданчику, керується дистанційно і здатний змінювати точки огляду, забезпечує легкий доступ до складних та високих структурних елементів, важкодоступних місць. Результати традиційних наземних спостережень за багатьма параметрами поступаються даними аерофотозйомки, отриманими з безпілотної: швидкість отримання, точність, вартість.

Дані аерофотозйомки з БПЛА здатні надавати, картографічну інформацію та знімки, які можуть бути використані для:

- межування (визначення кордонів) земельних ділянок;
- інспектування будов;
- надання візуальних матеріалів для клієнтів та співробітників (фото та відеороликів);
- моніторинг якості виконуваних робіт на будівельному майданчику;
- контролю безпеки;
- картографування.

Планування та моніторинг будівельних робіт є однією з ключових сфер, де дрони здатні значно покращити продуктивність та швидкість.

На Рис. 1.7 показані етапи традиційного підходу до моніторингу та планування будівництва, де будівельні креслення беруть за основу для тривимірної інформаційної моделі, яка використовується для завдання послідовності будівництва та моніторингу процесу.



Рис. 1.7 Традиційна схема моніторингу та планування будівництва

При новому підході дані, що стосуються аерофотозйомки з БПЛА з різних місць та хмар точок, можуть бути проаналізовані та використані для побудови тривимірної моделі за допомогою методів фотограмметрії. Ця технологія дозволяє до певної міри, як би «оживляти» будівельний майданчик, значно розширюючи можливості прийняття рішень «на ходу».

Отримана тривимірна модель використовується для надання інформації про процес будівництва, допомагає стежити за кількістю матеріалом, що надходить та залишає будівельний майданчик, проводити об'ємні вимірювання.

Процес управління великим фермерським господарством завжди вважався непростим видом діяльності. Маючи у своєму розпорядженні неосяжні поля, фермери часто просто фізично не мають змоги відстежити всі зміни, що відбуваються з їхніми сільгоспугіддями.

Актуальність проблеми контролю за сільськогосподарськими посадками нині ні в кого не викликає сумнівів. Такі дефекти при сівбі, як:

- залисини;
- загибель врожаю після посухи чи затоплення;
- запилення;
- відсутність своєчасного зрошення та добрива та інші фактори, що

вимагають оперативного контролю.

Площі посівних полів не завжди дозволяють це зробити оперативно. Більшість оцінок, які у таких випадках, робляться наземним шляхом з допомогою виїзду на поля експертної групи, що не є максимально ефективним.

У першу чергу безпілотники використовують компанії, які застосовують точне землеробства, воно дозволяє більш ефективно розпоряджатися ресурсами, зокрема водою та добривами, отримувати актуальну та точну інформацію про площу, рельєф, специфіку ґрунту полів, стан рослин та ґрунтів, що у свою чергу підвищує продуктивність. у тваринництві та врожайність на полях. Минули ті часи, коли для аерофотозйомки достатньо

було просто підняти фотоапарат у повітря. Сучасні завдання диктують досить жорсткі вимоги як до якості фотоматеріалу, так і до швидкості його обробки.

Існуючі моделі БПЛА, які використовують у сільському господарстві, є не просто літальні апарати, а цілий комплекс апаратних і програмних засобів, як забезпечення планування і контролю польотів, так наступної постобробки даних. У першому випадку це дозволяє оператору скласти автономне, польотне завдання для більш високої точності даних, де вказується область, яку необхідно покрити в процесі аерофотозйомки та ряд інших телеметричних даних.

У другому випадку, де результатом аерофотозйомки є знімки високої роздільної здатності на запрограмованих точках GPS координатами і для кожного знімка виходить набір цифрової інформації:

- 1) географічні координати центральної точки знімка (може досягати кількох сантиметрів – при використанні геодезичного GNSS-приймача;
- 2) висота знімка;
- 3) кут експонування;
- 4) телеметричні дані для перенесення та використання у загальноприйнятих ГІС системах.

Отримані дані завантажуються у спеціальне програмне забезпечення для фотограмметричної обробки даних з подальшою візуалізацією, аналізом та експортом.

Отримані дані з БПЛА надають можливість:

- створення електронних карт полів;
- інвентаризації сільгоспугідь;
- оцінити обсяг робіт та контролювати їх виконання;
- вести оперативний моніторинг стану посівів (БПЛА дозволяє швидко та ефективно будувати карти на сходах);
- визначити індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормалізований вегетаційний індекс);
- оцінити схожість сільськогосподарських культур;

- прогнозувати врожайність сільськогосподарських культур;
- вести екологічний моніторинг сільськогосподарських земель.

Другий напрямок застосування безпілотників у сільському господарстві пов'язаний з розпорощенням добрив та засобів захисту рослин. У 90-х роках минулого століття японською компанією «Yamaha Motor Company» був розроблений безпілотний літальний апарат цивільного призначення «Yamaha RMAX», конструкція безпілотного повітряного засобу виконана в конфігурації коптера, дрон є мініатюрним вертольотом завдовжки 3 метри і 63 сантиметра з діаметром гвинта головного ротора 3 метри 12 сантиметрів.

RMAX - віддалено пілотований, розроблений спеціально для обробки великих за площею сільськогосподарських посівів. Він важить близько 90 кг з повним завантаженням і призначений для розпилення добрив та хімікатів над спеціальними та високотоварними культурами. Є економічною альтернативою обприскування за допомогою механізованої наземної техніки чи ранцевих обприскувачів .

Варто відзначити, що розробка та впровадження безпілотника в даний сектор економіки виглядає дуже перспективно. Дана технологія значною мірою підвищує точність обприскування культур, ніж традиційні наземні способи, дозволяє знизити витрати і підвищити безпеку працівників, оскільки в момент розпилення хімікатів, пестицидів, пілот знаходиться на видаленні і не піддається їх впливу.

З появою безпілотників на ринку економіки один з її найважливіших сегментів не залишився від впровадження в нього безпілотних технологій, електроенергетика. Незважаючи на всю свою міцність та надійність, об'єктам енергетичної інфраструктури потрібна постійна увага та обслуговування. Їхня ефективна експлуатація безпосередньо залежить від актуальності та повноти інформації про стан електростанцій, ліній електропередач (ЛЕП) та теплотрас. Використання традиційних наземних методів обстеження інженерних мереж, на сьогоднішній день, вже не найдешевший і найефективніший спосіб збирання такої інформації.

Застосування БПЛА дає безперечну перевагу в:

- 1) Оперативність. Вести обстеження інфраструктури зі швидкістю в десятки км/год або навпаки в режимі зависання над певним об'єктом.
- 2) Якість. У результаті аерофотозйомки отримують матеріали високої роздільної здатності з їхньою геоприв'язкою.
- 3) Об'єктивність контролю. Постійна наявність документів, фото та відеоматеріалів.
- 4) Безпека обстеження. Зниження ймовірності нещасних випадків використанням безпілотників.
- 5) Економія. Зниження вартості виробничих работ. Достатньо двох операторів, які при необхідності можуть обстежити до 200 км ЛЕП на день, що суттєво дешевше за моніторинг з борту пілотованого повітряного судна.

Наведений ряд переваг на підприємствах електроенергетичної галузі дає змогу ефективно та об'єктивно давати оцінку технічного стану інфраструктури.

Нижче буде наведено основні напрямки застосування БПЛА в електроенергетиці.

Візуальний огляд ЛЕП та оперативний пошук відмов.

Дистанційний моніторинг ліній електропередач з БПЛА значно підвищує швидкість огляду порівняно з наземними обходами опор ЛЕП, особливо якщо лінія розташована у важкодоступних районах. Польоти відбуваються на безпечній відстані від опор та кабелів, не вимагають відключення напруги. За результатами зйомки складається звіт про стан елементів опор, виявлені биті ізолятори, пошкодження стовпів та вузлів кріплення, оцінюється стан проводів та ізоляції.

Тепловізійна зйомка контактів та моніторинг тепломереж.

Фото та відео зйомка для візуального огляду ЛЕП та оперативного пошуку відмов може бути доповнена відеозйомкою у тепловізійному спектрі. Це вид теплового контролю з використанням тепловізора (оптико-електронного вимірювального приладу, який працює в інфрачервоній галузі

електромагнітного спектру). Він забезпечує перехід теплового випромінювання всіх об'єктів, що досліджуються, у видиму область і дозволяє визначити наявність дефектів. Електроенергетика є однією з областей найбільш успішного застосування тепловізійної зйомки, оскільки температурні градієнти, що виявляються, можуть досягати десятків градусів, що істотно полегшує їх ідентифікацію на тлі перешкод. На детальних знімках у видимому діапазоні при збільшенні можна розглянути порушення ізоляційного шару або прояви корозії. На знімках інфрачервоного спектру можна виявити область градієнта температур (ділянка перегріву), раніше не видимий людському оку, та оперативно ліквідувати порушення.

Раніше тепловізійна зйомка ЛЕП виконувалася або з борту вертольота або наземними бригадами експлуатаційних служб. Використання БПЛА для ІЧ-зйомки незрівнянно дешевше за пілотовану авіацію і дозволяє отримати набагато більш детальну і точну інформацію, ніж зйомка з землі. Тепловізійна зйомка кожної опори ЛЕП проводиться за допомогою мультироторного типу БПЛА. Відеозапис тепловізійної зйомки доповнюється фотографіями та відео у видимому спектрі, що дозволяє краще ідентифікувати об'єкт контролю (дефектні секції порцелянових ізоляторів, контакти закритих та відкритих розподільчих пристроїв).

Теплова зйомка забезпечує пошук дефектів тепломережі у початковій стадії та витоків на підземних ділянках теплотрас. Вчасно виявлений дефект теплотраси не стане причиною серйозної аварії та дозволить уникнути значних витрат на ремонтні роботи.

За результатами аерофотозйомки з БПЛА цифрові зображення за допомогою спеціального фотограмметричного програмного забезпечення обробляються в автоматичному режимі (зшивання окремих знімків) та створюється високоточний ортофотоплан місцевості. Він використовується для оперативного моніторингу та доповнення (заміни) наявної картографічної основи та дозволяє виконувати зіставлення фактичного місцезнаходження

об'єктів з кадастровим планом (інвентаризація об'єктів та виявлення порушень меж охоронної зони).

На основі отриманого ортофотоплана та цифрової моделі місцевості створюється електронна карта ЛЕП, в якій відображені координати та висоти опор ЛЕП, інформація про поточний стан опор та виявлені дефекти (Рис. 1.8).



Рис. 1.8 Створення електронної карти ЛЕП

Електронна карта може бути перенесена до геоінформаційної системи. Ця основа використовується для подальшого проектування нових маршрутів ЛЕП, реконструкції та будівництва об'єктів, визначення найбільш придатних під'їзних шляхів.

Після побудови цифрової моделі місцевості за допомогою спеціального програмного забезпечення визначається просторове положення проводів з точністю 10-15 см і створюється 3D модель ЛЕП, яку можна переглянути в ГІС та виконати необхідні вимірювання.

Після відповідної обробки даних з'являється можливість отримати необхідну інформацію про фактичний стан ЛЕП:

- геодезичні координати всіх опор лінії електропередач;
- відстань між опорами;
- висоту кожної опори над рівнем моря (в метрах);
- недокручені гайки на болтах траверси та відтяжки;
- пошкодження дроту, грозотросу (розплетення, обрив дротів) тощо;
- загальну довжину ЛЕП;
- площу території вздовж ЛЕП, покриту лісовою рослинністю;
- найбільш придатні для під'їзду (підходу) до ЛЕП шляхи та дороги;

- кількість дерев та їх діаметр, обсяг ділової деревини для кожного прольоту та для всієї ЛЕП;
- максимальну висоту дикорослих рослин під проводом, висоту основного лісового масиву;
- відстань від дроту до землі будь-де прольоту;
- мінімальні відстані від нижніх фазних дротів до землі;
- відстань між крайніми проводами;
- число та розташування дерев, що загрожують падінням на дроти ЛЕП.

Точкою відліку використання безпілотників у нафтогазовому секторі багато експертів називають 2006 рік, коли Федеральне управління цивільної авіації США видало компанії BP дозвіл на використання дронів при роботі на нафтових родовищах Аляски. За нею пішли Shell, яка почала застосовувати безпілотники для моніторингу обладнання газового терміналу в Бактоні (Великобританія), і ExxonMobil, яка поклала на безпілотні технології завдання щодо перевірки резервуарів нафтопереробного заводу у Фоулі на півдні Англії.

Нафтогазова галузь – окрема сфера цивільного застосування безпілотників та російська галузь не є винятком. Як і в багатьох інших видах діяльності, у нафтовій промисловості безпілотні технології стали незамінними інструментом для розв'язання широкого спектра завдань (Рис. 1.9).

БПЛА дозволяють оперативно збирати необхідні відомості, проникаючи у важкодоступні місця, куди нездатні потрапити класична техніка чи людина, і відчутно знижують витрати у діяльності нафтогазових підприємств на заходи щодо моніторингу безпечного та продуктивного функціонування об'єктів, підвищують продуктивність наглядових робіт.

Серед основних переваг:

- 1) Ефективність роботи БПЛА. Отримання інформації із важкодоступних місць. Обладнані дрони камерами ІЧ-спектру

(тепловізійними) виконують якісні знімки в умовах поганої видимості. Польоти здійснюються автономно та регулюються дистанційно.



Рис. 1.9 Сфера використання БПЛА в нафтовій галузі

2) Підвищення безпеки виконуваних робіт. Регулярний контроль за станом інфраструктури та обладнанням нафтових систем запобігає та знижує ризики можливих аварій.

3) Фінансовий зиск. Придбання та експлуатація БПЛА обходиться в десятки разів дешевше за використання пілотованої техніки.

Свої широкі можливості БПЛА виправдовує на усіх етапах ведення нафтогазових робіт.

Попередня геологічна розвідка. Видобуток нафти починається з геологорозвідки, а безпілотники використовуються як ефективні інструменти збору топографічних даних. Обладнані високоякісною фото- та відеотехнікою апарати на цьому етапі дозволяють скоротити час проведення первинної геологорозвідки та отримати повну та якісну інформацію про обстежувану ділянку зі складанням ортофотопланів, 3D-моделей місцевості та для

подальшої обробки та інтеграції даних GIS/CAD. Швидкість робіт збільшується більш ніж у 10 разів, порівняно з пішою зйомкою.

Контроль за діяльністю будівельних та ремонтних робіт. Ефективність моніторингу підвищує аерофотозйомку на всіх етапах капітального будівництва. Знімальні комплекси дозволяють створювати та підтримувати в актуальному стані базу даних об'єктів та територій. Подібний інформаційний ресурс дозволить контролювати такі параметри, як статус та якість будівельно-монтажних робіт, дотримання техніки безпеки та екологічних норм. Здійснювати подальшу обробку даних у спеціальному фотограмметричному програмному забезпеченні та створювати цифрові моделі місцевості, ортофотоплани та 3D моделі з високою точністю.

Обстеження нафтової інфраструктури. Використання безпілотників на підприємствах нафтогазового сектора дозволяє контролювати об'єкти видобутку, зберігання, переробки та транспортування нафти газу, визначати їхній поточний стан і своєчасно запобігати різним несправностям.

Апарати роблять управління елементами нафтопереробки результативнішими. Переваги БПЛА дозволяють своєчасно виявляти несправності навіть на найвіддаленіших і важкодоступних об'єктах, стежити за поломками та витокami, тому головним чином йдеться про перевірку стану нафто трубопроводів та забезпечення їхньої безпеки.

Проведення дистанційного контролю трубопроводу за допомогою БПЛА та подальшим аналізом аерофотознімків у видимому та інфрачервоному спектрі дозволяє вирішувати ряд основних завдань у цьому напрямку:

- оперативно виявити місця та обсяги підземних та наземних витоків вуглеводнів;
- виявляти тепловтрати та порушення технічного стану об'єкта: розривів, тріщин, корозійних зон та дефекти гідро- та теплоізоляції трубопроводів;
- виявляти несанкціонований відбір нафти з трубопровідних магістралей;

- проводити аналіз ділянок переходу трубопроводу через водні перешкоди, автодорожні та залізничні переходи;
- проводити контроль екологічного стану природного середовища вздовж траси магістрального трубопроводу.

Вирішення даних завдань дає можливість оперативно давати оцінку технічного стану трубопроводів та уникати тривалих простоїв, великих поломок та мінімізувати ризики нанесення шкоди для екології.

Можливість швидко реагувати в умовах позаштатних ситуаціях надається завдяки функції передачі зображення з борту в реальному часі на монітор пункту управління, можна в найкоротші терміни отримувати критично необхідну інформацію:

- визначити район аварій чи надзвичайних ситуацій (НС);
- вивчити транспортну доступність до об'єкта та зорієнтувати роботу ремонтних бригад;
- провести виявлення сторонніх та виявляти несанкціоновані роботи в охоронній зоні трубопроводу.

Діяльність людини надає відчутний вплив на довкілля. Задля більшої екологічної безпеки необхідний своєчасний контроль її стану. В умовах великих і важкодоступних територій, а також у складних кліматичних умовах важливо мати джерело об'єктивної та докладної інформації про стан природного середовища, а застосування безпілотних літальних апаратів стає ефективним способом контролювати стан навколишнього середовища.

На відміну від літаків або супутників, вагомою перевагою БПЛА є близькість до об'єкта, що досліджується, і можливість взаємодіяти з навколишнім простором.

Безпілотники, які використовуються з екологічною метою, прийнято називати «еко-дронами». Від звичайних вони нічим не відрізняються, приставка покликана підкреслити їхнє суто мирне наукове призначення.

Останні знаходять все більшого застосування у багатьох напрямках екосистеми.

Боротьба з браконьєрами. Фахівці роблять нові спроби використовувати БПЛА для боротьби з браконьєрами. У багатьох країнах світу ведуть активні розробки безпілотників, здатних максимально оперативно та інформативно припиняти незаконну діяльність. Одні з чудових прикладів захисту видів тварин, що під загрозою зникнення, є Африканський континент.

Безпілотники об'єднали із системою штучного інтелекту для виявлення браконьєрів та ідентифікації слонів та носорогів. Розроблене компанією «Neurala» програмне забезпечення призначене для аналізу потокового відео з дронів та ідентифікації тварин, транспортних засобів та браконьєрів у реальному часі без втручання людини.

Програмне забезпечення здатне аналізувати зображення у видимому та інфрачервоному спектрах, тому зйомка проводиться і вдень, і вночі.

Це чудовий приклад того, як технології штучного інтелекту можуть стати серйозним інструментом у боротьбі за збереження видів тварин, що зникають. Безпілотниками на вже виконано понад 5000 тисяч успішних місій у Південній Африці, Малаві та Зімбабве. У деяких районах використання БПЛА дозволило скоротити кількість злочинів на 96%.

Моніторинг стану атмосфери. Проблема забруднення повітря – одна з головних у багатьох мегаполісах та містах із великою промисловістю. З розвитком технологій метод контролю забруднення повітря з безпілотних літальних апаратів став ефективнішим, ніж контроль за допомогою пересувних еко-лабораторій, оскільки БПЛА може дати повну картину тривимірного простору, що відбувається в будь-якій точці.

Китайські дослідники використовують дрони для моніторингу повітря над електростанціями, очисними заводами, фабрик і цехів, які працюють нелегально або порушують обмеження щодо викиду шкідливих речовин. Безпілотники озброєні камерами з високою роздільною здатністю та спеціальною платформою датчиків здатними проводити дослідження газів на предмет гранично допустимої концентрації отруйних речовин.

В рамках проекту NASA ATTREX американський стратегічний розвідувальний дрон Global Hawk задіяли для вимірювання вологості, концентрації озону та низки інших параметрів стратосфери виявлення глобальних змін у земній атмосфері, так локального контролю стану повітря за прикладом китайських екологічних проектів.

Картографування та контроль стану лісового фонду. Безпілотні технології швидко і точно проводять інвентаризацію лісових масивів. Спеціальні модулі у програмному забезпеченні під даними з БПЛА дозволяють автоматично знаходити вирубки, оцінити висоту дерев та запас деревини (поштучно). Детальні знімки у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах дають можливість виявити ділянки висушування чи перезволоження лісів, вплив шкідників та хвороб.

Аналіз отриманих даних із БПЛА у програмному забезпеченні допомагає правильно оцінити лісові запаси, виділити важкодоступні та непродуктивні насадження, автоматично знаходити вирубки, оцінювати висоту дерев. Детальні знімки у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах дають можливість виявити ділянки висушування чи перезволоження лісів, вплив шкідників та хвороб.

Також ІЧ-зйомка допомагає визначати породний склад та виявляти осередки поширення шкідників чи хвороб. Дані у видимому діапазоні забезпечать своєчасний контроль видів рубок, площ вирубок, розміщення лісовозних доріг, волоків та вантажних майданчиків відповідно до технологічної карти розробки лісосіки.

Моніторинг танення льодовиків. Як вважають багато вчених, танення льодовиків - один із головних індикаторів глобальної трансформації навколишнього середовища, тому необхідні ефективні інструменти для контролю та моніторингу цього процесу.

Так як застосування дронів і програмного забезпечення з обробки їх даних знайшли своє успішне застосування в багатьох галузях, цей

екологічний процес, що прикував увагу тисячі вчених по всьому світу, не залишився без впровадження цих новітніх технологій.

За допомогою безпілотних літальних апаратів проводиться докладна аерофотозйомка льодовиків, потім на підставі отриманих матеріалів створюються детальні карти та тривимірні моделі льодовиків. Раніше фахівці вимірювали планово-висотне положення мов льодовиків геодезичними приладами та відзначали межі льоду, що зникає, реперним камінням.

Отримані тривимірні моделі відображають мікронерівність рельєфу льодовика з їх точною геоприв'язкою. Порівняння таких даних, отриманих у різні роки, дозволить виявити динаміку зміни обсягів льодовикового покриву.

Рівень безпеки співробітників правоохоронних органів у багатьох країнах суттєво зріс із застосуванням на службі БПЛА. За кордоном (у США, Франції, Великій Британії, Японії, Китаї, інших країнах), а зараз і в Україні, створюються спеціальні підрозділи, що працюють з дронами.

Ефективне використання дронів особливо доцільно у таких випадках:

1) Аналіз дорожньо-транспортних пригод. Знімки з камери безпілотної фіксують усі деталі аварій, терміновість виклику медичних служб, шляхи проїзду до місця події.

2) Моніторинг натовпу. Великі заходи, концерти, спортивні змагання, паради зазвичай супроводжуються наявністю величезної кількості людей. Дрони дають можливість оцінити загрозу, регулювати прохід натовпу шляхами, що не допускають тисняви, побачити сторонні предмети.

3) Відстеження злочинців. Оснащення БПЛА тепловізійними камерами для нічної зйомки, а зняті зображення пропусकाються через систему розпізнавання осіб для ідентифікації злочинців.

4) Доступ у важкодоступні місця та розшук зниклих людей.

Дрони активно впроваджуються та вже активно застосовуються на практиці у службах ліквідації НС. Цінність їх використання полягає перш за все в економії часу та ресурсів. При мінімальних витратах апарат покриває велику площу обстежуваної території. У разі надзвичайної ситуації рахунок

іде на хвилини, а то й на секунди. Тож особливо важливо – своєчасне отримання актуальних даних про подію.

Ефективне використання дронів доцільно класифікувати на такі групи:

1) Виявлення надзвичайної ситуації та координація дій. Щоб транслювати зображення, координувати роботу наземних рятувальних груп та стежити за ситуацією постійної зміни напрямку вогню, провести обстеження території пожежі, оконтурити територію задимлення на борту БПЛА встановлюється відеокамера.

2) Завдання з повітряної розвідки. При завдання повітряної розвідки на борт БПЛА можуть встановлювати тепловізор, газоаналізатор та дозиметр. Тепловізор допомагає виявити «гарячі» точки, у тому числі коли візуально розрізнити їх неможливо, людей у нічний час доби, в задимленій місцевості і під кронами дерев, так само здійснювати пошуково-рятувальні операції в важкодоступних, високогірних ділянках. Газоаналізатор здатний проаналізувати стан повітря, наявність у ньому шкідливих речовин та їхню концентрацію, щоб визначити зону максимального ураження.

Дозиметри допомагають визначити рівень радіації від аварій у зонах радіоактивного, хімічного та біологічного зараження, а також перевірити безпеку конкретних будов без ризику для життя та здоров'я співробітників рятувальних служб.

Дрони в даний час використовуються вже у величезній кількості областей та кінематограф - одна з них. Повітряна зйомка в кінематографі була популярна і раніше, але коштувала величезні гроші. Кадри загального плану з висоти пташиного польоту у фільмах, знятих з 70-х до початку 2000-х, знімалися з вертольотів, але сьогодні з безпілотними технологіями, що швидко розвиваються, майже всі найбільш яскраві сцени у фільмах від погонь до висотних будівель, що вибухають, знімаються за допомогою безпілотників.

Використання безпілотників у кіноіндустрії це перспективна технологія, що відкриває нові можливості. Почати можна з того, що дрони, на відміну від гелікоптерів, здатні літати на більш низькій висоті і в той же час вищі, ніж

громіздкі знімальні крани, а невеликий розмір і висока маневреність дозволяє їм вести запис з таких ракурсів, які неможливі для будь-якої іншої техніки. І найголовніше безпека, дрони безпечніші за гелікоптери, адже у разі надзвичайної ситуації, розіб'ється тільки безпілотник, а якщо зазнає катастрофи вертоліт, – а таке відбувалося не раз, то йтиметься про людське життя [23].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

2.1 Оператор безпілотного літального апарату – оператор складної системи керування

Операторська діяльність, згідно з визначенням Б.Ф. Ломова і К.К. Платонова, представляє собою унікальний вид праці, що виник на певному етапі розвитку техніки та виробництва загалом [25]. Ця форма діяльності включає всі характерні аспекти будь-якої праці, а також має специфічні особливості, властиві лише їй. За словами Б.Ф. Ломова, діяльність оператора включає чотири основні етапи:

- 1) прийом інформації, що надходить на органи відчуттів людини;
- 2) її обробка;
- 3) прийняття рішення;
- 4) виконання прийнятого рішення [26].

Вчені, такі як Б.Г. Ананьєв, Л.С. Виготський, О.М. Леонтьєв, Б.Ф. Ломов, О.Р. Лурія, К.К. Платонов, відзначають, що відмінність діяльності людини від роботи інших систем, що обробляють інформацію, полягає в тому, що людина заздалегідь «будує» образ майбутнього результату перед початком діяльності. Таким чином, для ефективної діяльності оператор повинен мати чітку мету, яка є образом майбутнього результату та виступає як регулятор; вміти обробляти інформацію відповідно до концептуальної моделі, що є «віртуальним образом майбутньої діяльності»; а також уміти планувати та приймати рішення.

Образ-мета та концептуальна модель формуються на основі «попереднього відображення», яке досліджено в теорії функціональних систем П.К. Анохіним. За цією теорією, система включає акцептор результатів дії, який створює модель майбутнього результату і забезпечує його оцінку. Образ-мета визначає критерії вибору інформації про поточний стан об'єкта

управління і її інтеграції. Характер сигналів, які оператор обирає з потоку інформації та способи їх об'єднання, залежать від образу майбутнього стану об'єкта управління. Цей образ також визначає методи перекодування інформації, її оцінки, створення гіпотез та прийняття рішень. Таким чином, всі етапи діяльності людини-оператора, за словами Б.Ф. Ломова, опосередковуються концептуальною моделлю, яка впливає на показники ефективності і надійності її дій [26].

У контексті визначення ролі людини у системі «людина – машина», дослідники проводили порівняльний аналіз функціонування кожного компонента цієї системи. Якщо правильно визначити переваги і недоліки кожної складової, можна підвищити ефективність всієї системи. Розглянемо основні аспекти цього питання.

По-перше, людина в системі виконує інтегральну роль. В цьому відношенні людина має переваги перед машиною, оскільки може оцінювати дії машини за різними критеріями, що виходять із практичного досвіду. Переваги людини визначаються її здатністю «оптимізувати свою поведінку в різноманітних умовах, приймати правильні рішення на основі обмеженої інформації, знаходити творчі рішення в непередбачуваних ситуаціях тощо» [27].

По-друге, сенсорний вхід людини є ще однією перевагою, оскільки характеризується широтою та пластичністю. Як зазначає М. Банджейова, людина може сприймати інформацію, навіть якщо вона не надходить безпосередньо через канал зв'язку, і це може бути неповна чи неочікувана інформація [26].

По-третє, завдяки різноманітній обробці інформації, людина має перевагу перед машиною (використовуючи різні методи аналізу і синтезу).

По-четверте, виконання моторних дій та інших функцій виявляється у людини значно більш пластичним, ніж у машини [26].

Загалом вчені зробили висновок, що ключова функція в системі «людина – машина» належить людині, оскільки «порівняння повністю

автоматизованих систем управління із системами, що включають людину-оператора, свідчить, що останні працюють надійніше і мають ширший спектр можливостей, ніж перші» [27], і саме людина «програмує, управляє і контролює» [28].

В той час як людина уступає машині в швидкості сприйняття та обробки інформації, а також у точності одержуваних результатів, вона може розглядатися як слабке звено у системі. Одним із аспектів, який може визначати надійність людини, є часові обмеження, оскільки стабільний рівень її працездатності може підтримуватися лише в обмеженому часовому проміжку. Таким чином, можна зробити висновок, що оператор має як переваги, так і певні обмеження в системі, які потрібно враховувати при організації його діяльності.

Один з «найскладніших і найдинамічніших» видів операторської діяльності - льотна робота, зокрема, викликає особливі виклики. К.К. Платонов вказує, що льотний склад сучасного повітряного судна (ПС) працює на межі людських можливостей. Під час посадки пілот виконує 20 рухів руками за хвилину, одночасно контролює прилади, визначає знесення повітряного судна, виправляє його за допомогою рулів, веде радіообмін, аналізує інформацію та виконує операції відповідно до умов і повітряної обстановки.

Основні труднощі в роботі авіаційного оператора пов'язані з перенавантаженням інформаційного поля, обмеженим часом для прийняття рішень, стресовими умовами та обмеженими можливостями оператора. Давайте розглянемо ці аспекти більш детально.

Оператор високоскладних систем, який працює віддалено від об'єкта управління, взаємодіє з ним через ряд інформаційних систем, що постійно надають інформацію про стан системи в реальному часі. Таким чином, екіпаж літака керує не фізичним об'єктом самим по собі, а його інформаційною моделлю, як визначено О.М. Леонтьєвим. Оскільки сучасне обладнання

літальних апаратів дозволяє здійснювати пілотування практично за допомогою приладів, процес самого пілотування зазнає змін.

Діяльність оператора повітряного судна можна розглядати як послідовність етапів:

- 1) збір та перекодування інформації;
- 2) обробка інформації та прийняття рішень;
- 3) виконавчі впливи оператора [29].

Іншими словами, на першому етапі відбувається цілеспрямований пошук інформації, вибір сигналів з загального потоку, необхідних для прийняття рішення. Другий етап передбачає трансформацію інформації, в результаті чого оператор отримує новий, якісно відмінний вихідний потік інформації. На третьому етапі оператор реалізує прийняте рішення шляхом впливу на керування літаком або поданням відповідних команд. Таким чином, циркуляція та обробка інформації є ключовими аспектами в авіаційній діяльності.

Для правильного усвідомлення особливостей льотної діяльності і розробки відповідних методів навчання важливо враховувати той факт, що професія авіаційного оператора БПЛА відноситься до категорії «небезпечних професій». Операторам БПЛА часто доводиться працювати в екстремальних умовах, під час стресових ситуацій, в аварійних ситуаціях або в ускладнених умовах польоту. Науковці зазначають, що для надійності дій оператора найбільш критичними є умови стресу. Вони акцентують увагу на тому, як мінімізувати вплив стресових ситуацій на діяльність оператора БПЛА. Оскільки такі ситуації, на жаль, не можна повністю уникнути в операторській діяльності, також вивчається, як підготувати цього оператора до роботи в умовах стресу.

Р.М. Макаров ідентифікує чотири категорії екстремальних факторів, які визначають особливості трудової діяльності авіаційних операторів. Серед них можна визначити: велика кількість конфліктних ситуацій, невирішених завдань, нервово-психічне перенапруження, пов'язане з відповідальністю за

результати польоту; значне навантаження на функціональні системи аналізу та впливу організму (перевантаження зорового та слухового аналізаторів інше); вплив факторів, що мобілізують адаптаційні ресурси організму (напруженість, радіація, гіпоксія тощо); десинхронізація, викликана умовами професійної діяльності та засобами пересування, що може призвести до порушень функціонування основних життєзабезпечувальних систем організму [28].

Поведінка особи під впливом екстремальних факторів може проявлятися в різкому збільшенні збудженості, виявляючи себе у імпульсивних діях та порушенні навичок, або в гальмуванні та навіть припиненні активності (Н.Д. Завалова). Обидві реакції можуть призводити до дезорганізації раціональної діяльності оператора. Недосконалість інформації визначається як один із ключових факторів, які можуть викликати стрес у оператора. Ефективність його дій, спосіб поведінки та, в загальному, функціонування під впливом цих умов значною мірою залежать від особливостей інформаційної моделі. «Неповнота, двозначність, невизначеність інформації можуть погіршити якість і швидкість дій оператора і, як наслідок, викликати стрес та призводити до помилок та аварійних ситуацій» (Н.Д. Завалова).

Наведені вище особливості роботи авіаційного оператора, такі як інформаційне перевантаження, високий темп роботи через ліміт і дефіцит часу, а також робота в стресових умовах, акцентують увагу на обмеженнях людини в складній системі «повітряне судно - оператор – середовище». Ці фактори призводять до виникнення помилок та створюють передумови для аварійних ситуацій.

Для зниження ризику виникнення таких ситуацій необхідно вчасно проводити інформування авіаційних операторів про них. Це можна робити під час практичної підготовки операторів БПЛА. Розглянемо особливості професійної діяльності операторів складних систем керування, для того, щоб

можна було визначити основні моменти в розроблюваній моделі підготовки операторів БПЛА.

Оператор БПЛА - це висококваліфікований фахівець, який є експертом в галузі планування, управління та моніторингу безпілотних аерокосмічних систем. Завданням даної професії є забезпечення безпечного та ефективного функціонування БПЛА, починаючи з їх підготовки до польоту та закінчуючи аналізом та інтерпретацією даних, отриманих у ході польотів.

Таким чином, оператор БПЛА - це ключовий професіонал, що забезпечує успіх місій, що проводяться із застосуванням безпілотних аерокосмічних систем, і сприяє отриманню якісної та корисної інформації для різноманітних прикладних цілей.

Оператор БПЛА виконує ряд важливих функцій та завдань, пов'язаних з керуванням та моніторингом безпілотних аерокосмічних систем. Оператори БПЛА відповідають за завантаження відповідного програмного забезпечення, налаштування всіх необхідних систем та компонентів, а також контроль за справністю обладнання перед кожним польотом. Під час місії вони беруть на себе керування апаратом, стежать за його рухом, висотою, швидкістю та виконанням завдань, заданих місією.

Ось деякі з основних обов'язків та активностей, якими займається оператор БПЛА:

1) Підготовка до польоту: оператори БПЛА готують апарат до польоту, включаючи перевірку технічної справності, завантаження необхідних програм та налаштування систем.

2) Управління польотом: вони керують польотом БПЛА в реальному часі, стежать за його рухом, маршрутом, висотою та швидкістю. Оператори можуть втручатися в управління, щоб уникнути перешкод або виконати певні місійні завдання.

3) Моніторинг та навігація: оператори стежать за роботою всіх систем та компонентів БПЛА під час польоту. Вони також можуть здійснювати

навігацію, використовуючи GPS та інші засоби для точного визначення розташування апарата.

4) Збір даних: під час місії оператори можуть збирати різні дані, такі як зображення, відео, геодані та іншу інформацію за допомогою різних сенсорів та камер на борту БПЛА.

5) Аналіз даних: отримані дані потім піддаються аналізу та інтерпретації. Це може включати обробку зображень, виявлення патернів, а також надання цінної інформації замовникам або керівництву.

6) Забезпечення безпеки: оператори БПЛА також зобов'язані дотримуватись стандартів безпеки та вживати заходів для запобігання аварійним ситуаціям та колізіям з іншими об'єктами в повітряному просторі.

7) Робота із замовниками: вони можуть взаємодіяти з клієнтами або замовниками, обговорюючи їхні потреби, цілі та очікування щодо місії.

Ці обов'язки зробили операторів БПЛА важливими професіоналами в різних галузях, включаючи військовий сектор, геодезію, аграрний сектор, геологію, екологію, моніторинг інфраструктури, безпеку та багато іншого.

2.2 Особливості професійної діяльності операторів складних систем керування

Для оптимального використання можливостей людини з управління складними системами та створення комфортних умов праці необхідно при проектуванні та конструюванні враховувати особливості діяльності майбутнього оператора, тобто коло його обов'язків, характер функцій, допустимі відхилення в часі та точності регулювання тощо.

Проте, аналіз діяльності оператора може виявитися корисним лише в тому випадку, якщо він проводиться разом з аналізом функціонування всієї системи з точки зору ефективності її роботи.

Сучасні системи (особливо АСУ та БАСУ) вимагають спеціальних методів управління та контролю, тому що в більшості випадків за характером

своїї діяльності вони наближаються до моделей, стан яких найбільш точно описується імовірнісними законами.

У таких системах, що мають багато змінних (імовірнісних) параметрів та обмежень, для реалізації програми та реалізації мети можуть використовувати різні стратегії.

Тому, передбачення (прогнозування) їхньої діяльності чи стану вимагає проведення спеціальних досліджень, (що охоплюють і «людські» та машинні ланки), без яких не можна виконати кваліфікований аналіз діяльності людини з управління та контролю за системою або її окремих підсистем.

У зв'язку з цим необхідно в загальних рисах познайомитися з принципами аналізу систем.

Галузь науки, що займається детальним вивченням діяльності складних систем, розробкою методів вибору оптимальних рішень і керуючих дій, тощо носить назву дослідження операцій.

Будь-яка діюча система «виконує» завдання, долаючи «опір» несприятливих факторів (обставин), тобто функціонування є вирішенням «конфлікту» між вихідним станом системи та навколишнього середовища, що перешкоджає переходу системи в заданий стан. Тому будь-яку ситуацію розвитку процесу (динаміку) можна розглядати, як гру, в якій беруть участь принаймні дві сторони, або одна сторона «бореться» із природними умовами.

Можуть бути ігри з повною інформацією є достатні відомості про навколишнє оточення, як, наприклад, шахи, де можливості сторін відомі, хоча не завжди ясна стратегія. Але частіше доводиться керувати системою в умовах неповної інформації, тобто не все відомо про обстановку і можливості «протилежної» сторони. Все ж і в цьому випадку ми маємо певні відомості про початкову (вихідну) ситуацію, але додаткова інформація в ході управління видобувається вже ціною деяких (іноді досить великих) втрат, часто за допомогою спеціальних експериментів або індуктивної логіки, причому така інформація носить також імовірнісний характер.

Дослідження операцій спрямоване на розкриття природи системи, її структури, завдання та закінчується визначенням ймовірності можливих виходів (станів). Враховуючи кінцеве завдання, можна виявити всі (або основні) стратегії, що призводять до вирішення та математично визначити цінність (з точки зору «витрат», втрат та ефекту або іншого заданого критерію) кожній з них.

Оптимальне рішення знаходять за принципом мінімізації (або максимізації) якоїсь заданої функції. (Наприклад, вибирають варіант рішення, що забезпечує досягнення мети за мінімального витрачання енергії).

При виборі рішення також враховується, якою ціною видобувається додаткова інформація. Операція є актами, з яких складається трудовий процес. Ми розрізняємо робочі та керуючі операції.

Людині-оператору частіше доводиться мати справу саме з керуючими операціями.

Робочі операції можуть бути виконані і автоматично, але для того, щоб вони призвели до заздалегідь наміченого результату, вони повинні супроводжуватися (коригуватися) операціями управління. Ці управлінські операції наводять зовнішній об'єкт (об'єкт праці, систему, її підсистеми тощо) відповідно до його майбутньої моделі, створеної в плані (або голові людини) і являє собою мету діяльності.

Тому аналізу підлягають як робочі, так і операції управління.

Ці операції розпадаються на кілька етапів:

1. Складання моделі та плану операцій (програмування).
2. Контроль відповідності моделі об'єкту.
3. Прогноз очікуваних результатів та вибір оптимального шляху вирішення.

У складних ситуаціях можуть бути повністю розділені робочі та управлінські процеси і частіше людина зайнята виключно останніми. У разі наявності алгоритму управління процес може керуватися і автоматично.

В даний час використовуються математичні моделі для дослідження операцій управління. У них враховуються величини, що характеризують вихідний стан системи та її стан у кожний наступний момент часу (координати об'єкта), що обурюють вплив та їх вплив на систему тощо і досягти їх можна багатьма способами, причому окремі методи є забороненими (непридатними). Вибір стратегії здійснюється на кшталт мінімізації.

При проведенні операційного аналізу можна оцінювати стратегії функціонування всієї системи та стратегії оператора при виконанні окремих операцій.

Для цього необхідна побудова структури системи (взаємозв'язок підсистем, вплив кожної на перебіг процесу, циркуляція інформації та команд від нижчого робочого процесу до управління всією системою).

Потім виділяють всі курси дій і оцінюють застосовувані (передбачувані) рішення.

Існує спеціальний розділ теорії операцій - теорія розкладів, що вивчає вибір оптимальної послідовності заданих технологічних операцій.

Оцінюючи функціонування «людської» ланки часто використовується теорія масового обслуговування. Теорія масового обслуговування розглядає ситуації, в яких має місце невідповідність потоку вхідних сигналів і можливостей їхньої сучасної «обробки» (теорія черг).

Саме такі проблеми виникають при оцінці діяльності людини оператора у системах управління та контролю. Аналіз операцій усієї системи допомагає, зокрема, оцінити розподіл функцій між людиною та машиною (стратегії за участю оператора та без нього).

Але вибір стратегії ще дозволяє повністю оптимізувати функцію оператора. Для такої оцінки необхідно провести аналіз діяльності «людської» ланки.

Діяльність будь-якого оператора можна умовно розчленувати на 4 етапи.

1. Сприйняття (і збирання) інформації (включаючи активний пошук) про керований об'єкт, середовище, про функціонування всієї системи (якщо управління стосується якоїсь підсистеми).

2. Переробка інформації (оцінка, зіставлення, ідентифікація, перевірка її повноти).

3. Ухвалення рішення (вибір стратегії) про необхідне втручання у контур управління.

4. Керівні дії.

5. Отримання сигналів про результати керуючого діями та побудову програми подальших операцій.

Перші 2 відносять до процесу інформаційного пошуку, інші – до обслуговування.

Обслуговування може починатися відразу після отримання інформації (пошук з негайним обслуговуванням) або через значний проміжок часу (пошук з відстроченим обслуговуванням).

Чим менша за часом фаза пошуку і чим швидше настає обслуговування, тим легше оператор справляється із завданням. Тому при організації роботи потрібно намагатись зробити обслуговування негайним.

Для «ігрових» систем характерні такі особливості роботи операторів:

1. пристосування до мінливої обстановки (завдання без алгоритмів);
2. малий час прийняття рішень;
3. координація багатьох підсистем.

В цих умовах особливо високі вимоги до конструкції інформаційних моделей. Вони повинні сприяти швидкому та адекватному зчитуванню інформації. Ці моделі повинні наочно відображати лише суттєві властивості об'єкта. Для цього необхідно вибирати оптимальний код та правильно розміщувати прилади.

Інформаційна модель трансформується у свідомості оператора в концептуальну модель і при цьому актуалізується один із варіантів моделі, закладений у пам'ять під час навчання. Тому діяльність оператора в режимі

інформаційного пошуку визначається якістю інформаційної моделі та якістю навчання та тренування (а також індивідуальними особливостями). Правильність (і своєчасність) прийняття рішення залежить від кількості альтернатив, запасу знань (досвіду), емоційного стану тощо. Точність управляючих процесів більшою мірою пов'язані з конструктивними особливостями органів управління.

Аналіз діяльності оператора в кожному конкретному випадку є побудова професіограми, що включає детальний опис етапів роботи, психологічної та фізіологічної структури окремих актів і містять докладний перелік всіх елементарних операцій.

Результати спостереження заносяться до спеціальної таблиці з сіткою часу, умовним позначенням приладів, регуляторів, що дозволяє наочно уявити функціонування даного оператора.

Такий аналіз дозволяє орієнтовно визначити важливі характеристики оператора – точність, пропускну спроможність, надійність та завадостійкість. Ці оцінки необхідні визначення ефективності експлуатації систем, прогнозування їхньої загальної надійності, раціонального проектування і конструювання.

Зазначені характеристики значною мірою визначаються можливостями оператора безпомилково виконувати свої функції.

Помилкою прийнято називати випадкові події (дія), що порушують функціонування системи порівняно з оптимальною програмою або знижують ефективність її використання.

Помилки можуть призводити до пошкодження структури системи або до неоптимального режиму функціонування (не всі помилки оператора спричиняють порушення роботи системи). Розрізняють такі незалежні помилки, які виникають поза зв'язок між собою і залежні – що виключають одна одну, чи взаємоусувають ефект.

Відмовою називається подія, які перебувають у припиненні діяльності системи (підсистеми) з технічних причин (технічна відмова) або у зв'язку з неможливістю виконання функцій оператором (фізична відмова).

Розрізняють сенсорні, логічні та моторні помилки оператора. Перші пов'язані з неправильним сприйняттям інформації, що може залежати від неправильного відтворення сигналів на засобах відображення перешкод тощо.

Логічні помилки (помилки у прийнятті рішень) найчастіше пов'язані з нестачею інформації, відсутністю досвіду, дефіцитом часу та станом оператора.

Нарешті, моторні (оперативні) – з лімітом часу, неоптимальною конструкцією органів управління та, зрозуміло, так само станом оператора.

Сенсорні помилки найчастіше виникають внаслідок утруднених умов сприйняття інформації. Крім технічної характеристики засобів відображення інформації, вирішальні значення має кількість і розподіл у часі потоку сигналів, тобто йдеться про пропускну здатність оператора.

Для каналу зв'язку пропускну здатність визначається як максимальна швидкість передачі. Ефективність роботи системи управління значною мірою залежить, якою мірою узгоджені ланки її щодо пропускну спроможності. При послідовному розташуванні ланок пропускну здатність лімітується найбільш «повільною» ланкою. Найбільш «повільною» ланкою часто виявляється людина. На жаль, єдиної точки зору щодо кількісної оцінки інформації ще немає. Шенноновські заходи кількісної оцінки не враховують якісного значення сигналу та, внаслідок цього, мають обмежене коло застосування.

Однак, враховуючи, що прийом інформації людиною здійснюється в часі і є процесом вибору, що підпорядковується статистичним закономірностям, методи теорії інформації, на думку багатьох психологів, є адекватними для, принаймні, оцінки процесів впізнавання. Дані теорії інформації можуть бути використані тільки при оцінці можливої множини символів відомого алфавіту та ймовірностей появи. Численні експерименти показали, що людина може при пред'явленні інформації здійснити вибір не

більше, ніж з 9 альтернатив, інакше виникають помилки (йдеться про одновимірний стимул).

При оцінці пропускну́ї спроможності визначають середню інформацію, тобто кількість інформації, що приймається та переробляється в одиницю часу [30].

2.3 Методи професійної підготовки операторів безпілотних літальних апаратів

Для операторів БПЛА міні-класу метою підготовки є оволодіння необхідними знаннями та навичками пілотування БПЛА на рівні, що забезпечує виконання ними бойових завдань.

Для досягнення мети підготовки операторів БПЛА міні-класу визначено основні завдання навчання:

- 1) вивчення пристрою та системи керування сучасних БПЛА міні-класу;
- 2) набуття навичок, що навчають застосуванню БПЛА міні-класу в умовах, близьких до умов виконання бойових завдань у зоні спеціальних військових операцій (СВО);

- 3) формування високих морально-психологічних якостей операторів, які забезпечують виконання ними бойових завдань.

Аналіз завдань, способів їх виконання, а також можливостей БПЛА міні-класу та засобів протидії дозволив сформулювати кваліфікаційні вимоги до підготовки операторів БПЛА міні-класу, необхідні для формування (удосконалення) їх компетенцій та здатності керувати БПЛА міні-класу військового призначення при виконанні бойових та забезпечувальних завдань.

До закінчення підготовки оператор даного класу БПЛА, що навчається, повинен:

- знати його тактико-технічні характеристики та вимоги експлуатаційної документації; порядок планування та побудови маршруту польоту; порядок проведення передпольотної підготовки, вибору засобів ураження; органи управління БПЛА; основні способи бойового застосування БПЛА міні-класу

та порядок їх виконання; порядок проведення технічного обслуговування БПЛА міні-класу після виконання польоту;

- вміти оцінювати технічний стан БПЛА міні-класу та його готовність до бойового застосування; проводити аналіз метеорологічної обстановки та можливих перешкод апарату; складати польотне завдання та план польоту; здійснювати запуск БПЛА міні-класу, дистанційно керувати ним та контролювати його параметри польоту; здійснювати підготовку засобів ураження до бойового застосування; розпізнавати погрози БПЛА у польоті та вживати заходів забезпечення його безпеки; виконувати післяполітне технічне обслуговування та усувати виявлені несправності у польових умовах;

- володіти навичками дистанційного управління БПЛА міні-класу в різних режимах польоту та умовах; оцінки обстановки у смузі (районі) бойового застосування; пошуку та виявлення об'єктів (цілей) ураження противника.

Досвід проведення занять з навчання операторів БПЛА міні-класу дозволив визначити, що для більш якісної їх підготовки можна отримати у навчальних групах не більше 4-5 осіб та на кожну групу призначати одного викладача (інструктора). Заняття слід проводити на підготовленій навчально-матеріальній базі. Тривалість навчання операторів на курсі підготовки - до 20 навчальних днів, залежно від завдань, які надалі вони виконуватимуть.

Навчальний день – 7 годин, навчальна година – 50 хв. В умовах обмеження часу підготовки операторів до 10-14 днів тривалість навчального дня може бути збільшена до 10 годин із обов'язковим наданням їм відпочинку між денними та нічними заняттями. Послідовність та терміни проведення занять можуть коригуватися залежно від завдань навчання та рівня підготовленості операторів, що навчаються.

До навчання слід допускати лише осіб, які пройшли медичний та психологічний добір. Ця вимога обумовлена тим, що в ході польотів БПЛА в деяких операторів спостерігалися симптоми запаморочення та нудоти, які можуть призвести до падіння та отримання травми. Крім того, психологічний

стан операторів БПЛА також впливає на кількість порушень, які вони вчиняють. З метою якісної підготовки операторів БПЛА міні-класу до виконання поставлених завдань та забезпечення безпеки польотів необхідною умовою при відборі кандидатів є і відсутність у них за результатами тестування симптомів психотичної депресії та суїцидальних нахилів. Кандидати на навчання, які мають медичні протипоказання або будь-які відхилення від нормальної поведінки до навчання не допускаються.

Весь процес підготовки операторів БПЛА включає два етапи та завершується проведенням підсумкової атестації у формі заліку (Рис. 2.1).

На першому етапі проводяться теоретичні заняття, в ході яких вивчаються: будова БПЛА міні-класу, їх тактико-технічні характеристики та комплектність; органи керування польотом БПЛА (окуляри оператора, шолом, пульт керування); передпольотна підготовка та способи застосування БПЛА міні-класу; вимоги безпеки під час експлуатації БПЛА міні-класу.

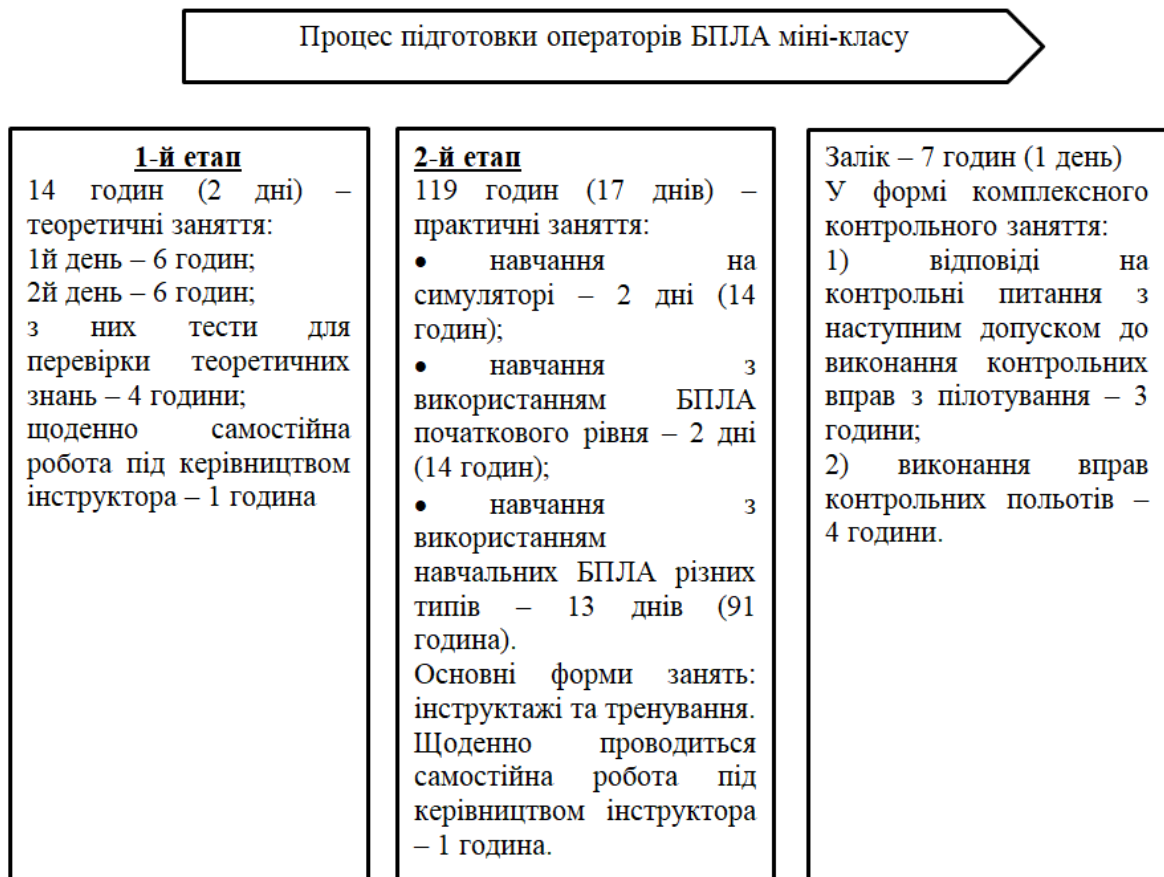


Рис. 2.1 Алгоритм підготовки операторів БПЛА міні-класу

Основними видами занять у ході теоретичної підготовки операторів БПЛА міні-класу є: тактико-спеціальна, технічна, розвідувальна підготовка та військова топографія.

Зміст програми навчання на 1 етапі підготовки операторів представлено в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Зміст програми навчання операторів БПЛА міні-класу під час
теоретичних занять

№ зп	Назва видів занять	К-ть годин	Зміст програми навчання
1	Тактико-спеціальна підготовка	4	Основи підготовки та ведення бойової роботи з використанням БПЛА міні-класу, порядок застосування БПЛА міні-класу
2	Технічна підготовка	2	Призначення, склад та принцип функціонування елементів БПЛА міні-класу, порядок проведення його ТО
3	Розвідувальна підготовка	1	Ведення розвідки та коригування вогню з використанням БПЛА міні-класу
4	Військова топографія	1	Робота з цифровими програмами топографічних ресурсів з використанням мережі Інтернет
5	Контрольна робота	4	
Всього		12	

Заняття проводяться у навчальному класі з використанням наочних посібників (стендів, макетів, зразків досліджуваних БПЛА міні-класу).

На другому етапі проводяться практичні заняття, на яких відпрацьовуються: пілотування на симуляторі в різних режимах; керування польотом БПЛА початкового рівня; пілотування в польових умовах у різних режимах навчальних БПЛА; скидання ударного навантаження на мету. Зміст програми навчання на другому етапі підготовки операторів представлено у Таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Зміст програми навчання операторів БПЛА міні-класу під час
практичних занять

№ зп	Назва видів занять	К-ть годин	Зміст програми навчання
1	Льотна підготовка на симуляторі	12	Дії оператора в різних режимах керування на симуляторі польотів БПЛА при пілотуванні та навігації
2	Льотна підготовка на полігоні з використанням БПЛА навчального рівня	12	Дії оператора в різних режимах управління БПЛА початкового рівня при пілотуванні та навігації
3	Льотна підготовка на полігоні з використанням навчальних БПЛА різного розмірів	78	Дії оператора БПЛА різних розмірів при пілотуванні та навігації в різних режимах управління в реальних умовах
Всього (без урахування часу на самостійну підготовку під керівництвом інструкторів)		102	

Навчальні заняття на симуляторі проводяться для ознайомлення з навичками управління польотом БПЛА міні-класу з пульта управління. Симулятор моделює політ БПЛА в такий спосіб, що оператор бачить, як у екрані монітора у режимі реального часу БПЛА реагує на його команди з пульта керування.

У ході таких занять оператор, що навчається, напрацьовує базові навички ведення розвідки, коригування вогню, артилерії та завдання одиночного удару за допомогою БПЛА міні-класу.

Особливістю проведення навчальних занять на симуляторі є навчання оператора управлінню польотом БПЛА початкового рівня. Після відпрацювання сценаріїв пілотування на симуляторі оператор навчається керувати польотом БПЛА початкового рівня та протягом 1-1,5 годин відпрацьовує зліт, утримання його на висоті до 1 м, проліт на невелику відстань та посадку.

Навчання на симуляторі займає 2 навчальні дні, після чого проводиться поточний контроль у формі контрольних практичних завдань на симуляторі та з використанням БПЛА початкового рівня. Надалі навчання операторів проводиться з метою прищеплення навичок підготовки та управління БПЛА міні-класу в польоті, які забезпечують виконання поставлених завдань.

На практичних заняттях з льотної підготовки відпрацьовуються:

- порядок перевірки працездатності та передпольотної підготовки БПЛА міні-класу та окулярів оператора (шолома);
- початкові вправи, такі як зліт БПЛА міні-класу, утримання його на висоті, повороти на місці, зміна напрямку руху (вперед, назад, праворуч, ліворуч) та посадка;
- керування польотом БПЛА без окулярів оператора (шолома) з метою спостереження за його динамікою в процесі підйому на висоту, поворотів навколо своєї осі, руху вперед/назад та посадки;
- управління польотом БПЛА міні-класу в окулярах оператора з метою отримання відчуття присутності в реальному просторі та спостереження за його динамікою або виду «від першої особи» в процесі підйому, поворотів навколо своєї осі, руху вперед/назад та посадки.

Основними вправами, які необхідно виконати під час практичних занять на полігоні (пересіченій місцевості), є:

- вісімка — зліт з місця старту, політ по заздалегідь визначеному маршруту навколо перешкод з розворотами по фігурі «вісімка», повернення у вихідну точку старту і посадка - приблизно 3-4 кола;
- обліт перешкод - зліт, політ маршрутом з огинанням природних перешкод і заходом за них з лівої та правої сторін, повернення на місце старту і повторний політ, посадка в точці старту - приблизно 3-4 кола;
- проліт через перешкоди - зліт, політ через рамки (встановлюються один за одним на відстані 3-4 метрів один від одного з різними розмірами висоти та ширини отвору) з утриманням по висоті, розворот на відкритому майданчику та повернення на місце старту з повторним польотом через рамки

(для ускладнення вправи рамки можуть бути розставлені у випадковому порядку);

- політ із заходом у будівлю (вікно, дверний отвір) - зліт, політ до будівлі, вліт у будівлю через отвір, розворот усередині замкнутого простору, виліт - приблизно 2-3 рази.

Крім цього, проводяться заняття з відпрацювання навичок скидання ударного навантаження на мету. Як ударне навантаження використовуються навчальні гранати. Для відпрацювання навичок скидання ударного навантаження на ціль виконуються вправи:

- скидання на ціль у режимі зависання - зліт, політ по заданому маршруту, виявлення цілі, зависання над метою на певній висоті, подання команди на скидання, контроль сходу із системи скидання ударного навантаження, повернення на точку старту, посадка;

- політ до мети зі скиданням на малій швидкості - зліт, політ по заданому маршруту, виявлення мети, повторний захід (при необхідності) на мету на малій швидкості та певній висоті, подача команди на скидання, контроль сходу ударного навантаження з системи скидання, повернення на точку старту, посадка;

- політ до мети зі скиданням на великій швидкості - зліт, політ за заданим маршрутом, виявлення мети, повторний захід на ціль (при необхідності) на певних швидкостях та висоті, подача команди на скидання, контроль сходу ударного навантаження із системи скидання, повернення на точку старту, посадка;

- політ по огинаючій траєкторії (праворуч, ліворуч) до мети зі скиданням - зліт, політ заданим маршрутом, виявлення мети, повторний захід на ціль ліворуч/праворуч на певних швидкості та висоті, подача команди на скидання, контроль сходу ударного навантаження із системи скидання, повернення на точку старту, посадка;

- політ по огинаючій траєкторії (праворуч, ліворуч) до мети зі скиданням, долаючи перешкоди — зліт, політ по заданому маршруту з

подоланням природних перешкод, виявлення мети, повторний захід на ціль на певних швидкості та висоті, подача команди на скидання, контроль сходу ударного навантаження із системи скидання, повернення на точку старту, посадка.

Дані вправи є більш складними порівняно з відпрацюванням навичок пілотування БПЛА міні-класу і вимагають від операторів, що навчаються, максимальної концентрації уваги. Для здобуття стійких навичок скидання ударного навантаження в габаритні мішені вони повинні повторюватися кілька разів.

Усі польоти БПЛА міні-класу проводяться розрахунком у складі оператора БПЛА та його помічника. Помічник призначається з числа операторів, що навчаються. Оператор готує засоби управління, яке помічник-БПЛА до польоту (застосування).

Передполітна підготовка БПЛА проводиться перед кожним польотом і включає: перевірку пристрою керування (пульт керування), встановлення акумуляторних батарей, перевірку каналу відеопередачі, а також надійність кріплення системи тощо.

Після кожного виконання вправи викладачем (інструктором) проводиться розбір польоту, у якому звертається увага на правильність виконання елементів вправи, аналізуються помилки, вчинені операторами, щоб не повторити їх у виконанні інших вправ.

Необхідно також зазначити, що у процесі підготовки операторів БПЛА міні-класу особлива увага приділяється питанням навчання самостійного технічного обслуговування виробів, у тому числі в польових умовах.

Підготовка операторів БПЛА міні-класу завершується проведенням підсумкового контролю у формі заліку та допуску їх до самостійного управління БПЛА міні-класу. До заліку допускаються всі, хто успішно освоїли програму підготовки операторів БПЛА міні-класу.

Залік проводиться у формі контрольного комплексного заняття, в ході якого оцінюються теоретичні знання та практичні навички операторів. Залік

проводиться на обладнаному відповідними мішенями (окопи, щити, перешкоди, кола позначення цілей) полігоні.

При перевірці рівня теоретичних знань і практичних навичок у ході заліку перевіряються знання призначення, льотно-технічних характеристик, порядку розгортання, налаштування та підготовки виробу до застосування; навички пілотування на відкритій місцевості з розвідкою мети (передполітна підготовка, зліт, утримання на висоті, політ за маршрутом, посадка); навички пілотування зі скиданням ударного навантаження на підготовленій трасі (скидання навчальної імітаційної гранати в окоп).

Вправи контрольного пілотування зі скиданням ударного навантаження в окоп виконуються із суворим дотриманням усіх команд помічника оператора та під спостереженням викладача (інструктора).

Скидання навчальної імітаційної гранати здійснюється в окоп на віддаленні 30-400 метрів від точки старту з висоти 50-60 метрів.

Таким чином, запропонований методичний підхід до організації навчання операторів БПЛА міні-класу дозволить організувати цілеспрямовану підготовку таких фахівців з числа військовослужбовців загальновійськових формувань для виконання ними поставлених завдань із застосуванням БПЛА міні-класу. З метою підвищення якості навчання операторів БПЛА міні-класу до програми їх підготовки необхідно включати питання вивчення найбільш ефективних способів застосування безпілотників, апробацію яких проведено за умов бою.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

3.1 Форми та засоби навчання операторів складних систем керування

В даний час існує безліч методів, форм, прийомів і правил навчання, що дозволяють реалізовувати різні навчальні програми з орієнтацією на особистісні особливості здобувачів освіти та їх індивідуальні здібності. Однак їх число постійно зростає, з'являється нові можливості та способи для модернізації процесу навчання. Розмаїття цих можливостей дозволяє викладачам знаходити підходи до кожного, хто навчається так, щоб кожен з них зміг освоїти пропонований матеріал і досягти максимальних результатів у його вивченні.

Методи навчання – це способи спільної діяльності викладача та здобувачів освіти, спрямовані на вирішення завдань навчання (Рис. 3.1). Прийом – це складова частина або окрема сторона методу. У процесі навчання методи та прийоми застосовуються в різних поєднаннях. Один і той самий спосіб діяльності у одних випадках постає як самостійний метод, а в інших – як прийом навчання.

Словесні методи займають провідне місце у системі методів навчання. Словесні методи дозволяють у найкоротший термін передати велику за об'ємом інформацію, поставити перед навчальними проблемами і вказати шляхи їх вирішення.

Розповідь – це усне образне, наступне виклад невеликого за обсягом матеріалу. До розповіді зазвичай пред'являється ряд наступних педагогічних вимог: ідейно-моральна спрямованість викладання, зміст виключно достовірних і науково перевірених факти, достатня кількість яскравих і переконливих прикладів, фактів, що доводять правильність положень, що висувуються, чітка логіка викладу, емоційність, простий і доступна мова

викладу, відображення елементів особистої оцінки та ставлення викладача до фактів, подій, що викладаються.

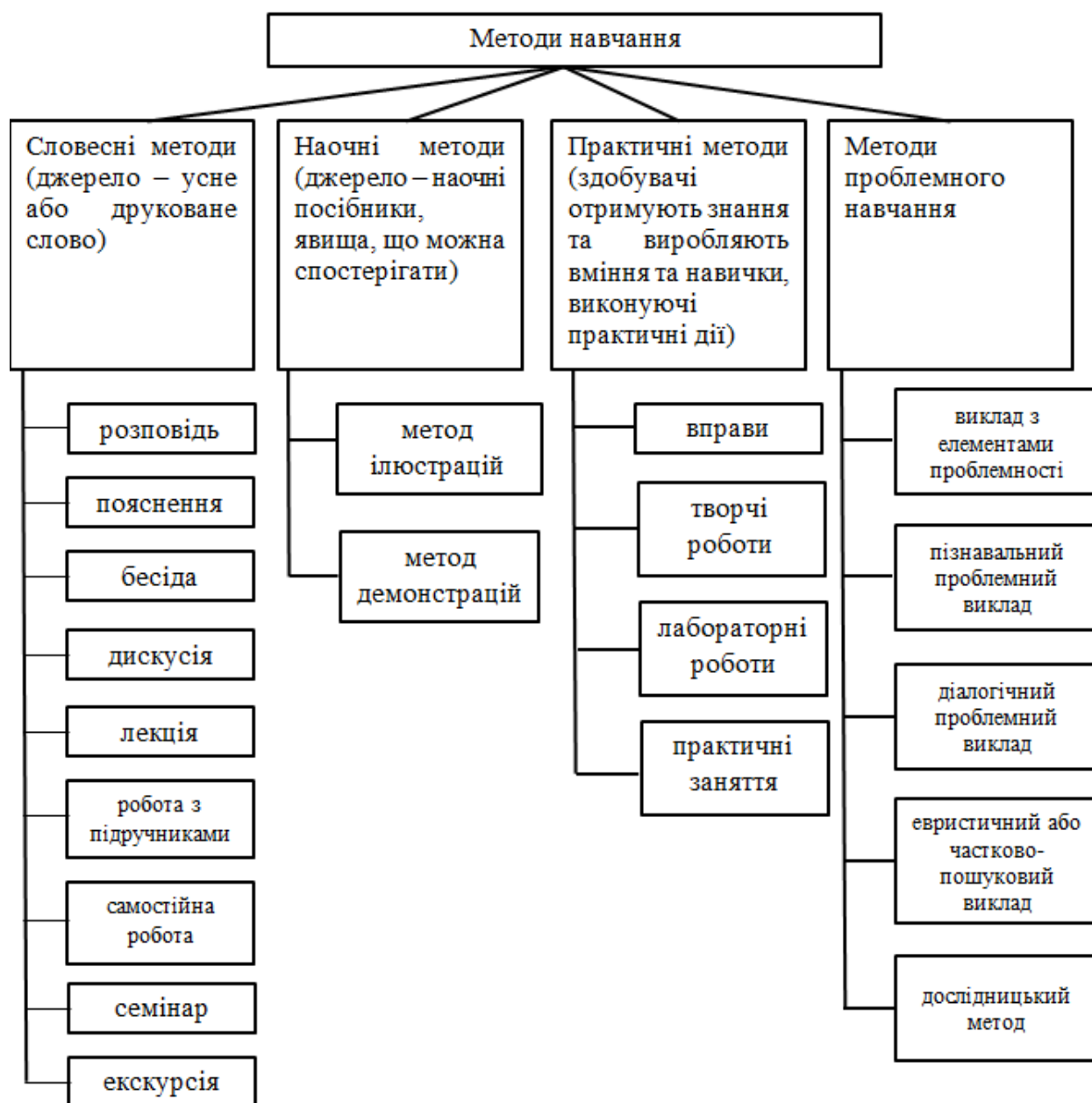


Рис. 3.1 Класифікація методів навчання

Пояснення – це словесне тлумачення закономірностей, суттєвих властивостей об'єкта, що вивчається, окремих понять, явищ. Використання методу пояснення вимагає послідовного розкриття причинно-наслідкових

зв'язків, аргументації та доказів, використання порівняння, зіставлення, аналогії, залучення яскравих прикладів, бездоганної логіки викладу.

Розмова – це діалогічний метод навчання, при якому викладач шляхом постановки ретельно продуманої системи питань підводить здобувачів освіти до розуміння нового матеріалу або перевіряє засвоєння вже вивченого. Метод розмови має наступні переваги: активізує здобувачів освіти, розвиває їхню пам'ять і мову, робить відкритими їх знання, має велику виховну силу, є гарним діагностичним засобом. Недоліки методу: вимагає багато часу, містить елемент ризику.

Дискусія як метод навчання ґрунтується на обміні поглядами з певної проблеми, причому ці погляди відображають власну думку учасників або спираються на думку інших осіб.

Лекція як метод навчання є послідовним викладом викладачем теми або проблеми, при якому розкриваються теоретичні положення, закони, повідомляються факти, події і дається аналіз їх, розкриваються зв'язки між ними.

Це найекономічніший шлях отримання інформації здобувачами освіти, оскільки в лекції педагог може повідомити наукові знання у узагальненому вигляді, почерпнуті з багатьох джерел і яких ще немає у підручниках.

Робота з підручником та книгою – найважливіший метод навчання. Існує ряд прийомів самостійної роботи з друкованими джерелами. Основними з них є конспектування, складання плану тексту, тестування, цитування, анотування, рецензування, складання довідки та складання формально-логічної моделі.

Самостійна робота - це важливий і необхідний етап в організації заняття, і її потрібно продумувати найбільш ретельно. Найкраще дати спочатку низку опорних питань. При виборі виду самостійної роботи треба підходити до здобувачів освіти диференційно, враховуючи їх можливості.

Семінар – це один із ефективних методів проведення занять. Семінарські заняття забезпечують: рішення, поглиблення, закріплення знань,

отриманих на лекції та в результаті самостійної роботи, формування та розвиток навичок творчого підходу до оволодіння знаннями та самостійного викладу їх перед аудиторією, розвиток активності здобувачів освіти в обговоренні питань та проблем, поставлених на обговорення семінарського заняття, семінарам властива також функція контролю знань.

Екскурсія – це один із методів набуття знань, є складовою частиною процесу навчання. Навчально-пізнавальні екскурсії можуть бути оглядово-ознайомчі, тематичні та проводяться вони, як правило, колективно під керівництвом викладача або фахівця-екскурсовода.

Наочні методи навчання – це такі методи, за яких засвоєння навчального матеріалу перебуває у суттєвій залежності від застосовуваних у процесі навчання наочних посібників та технічних засобів. Наочні методи використовуються у взаємозв'язку зі словесними та практичними методами навчання.

Метод ілюстрацій передбачає показ здобувачам освіти ілюстрованих посібників: плакатів, таблиць, картин, карт, замальовок на дошці тощо.

Метод демонстрацій зазвичай пов'язані з демонстрацією приладів, дослідів, технічних установок, кінофільмів, слайдів тощо.

Методи практичного навчання засновані на практичній діяльності здобувачів освіти. Цими методами формуються практичні вміння та навички.

Вправа - це повторне (багато кратно) виконання розумової або практичної дії з метою оволодіння або підвищення її якості. Вправи застосовуються щодо вивчення всіх предметів та на різних етапах процесу навчання. Характер і методика вправ залежить від особливостей навчального предмета, конкретного матеріалу, досліджуваного питання та віку здобувачів освіти. Вправи зі свого характеру поділяються на усні, письмові, графічні та навчально-трудові. За ступенем самостійності здобувачів освіти при виконанні вправ виділяють: відтворюючі вправи та тренувальні вправи.

Творчі роботи здобувачів освіти є важливим засобом розвитку їх здібностей, формування навичок цілеспрямованої самостійної роботи,

розширення та поглиблення знань, вміння використовувати їх під час виконання конкретних завдань. До творчих робіт відносяться: написання рефератів, творів, рецензій, розробка курсових та дипломних проектів, виконання малюнків, ескізів та різноманітних інших творчих завдань.

Лабораторні роботи – це проведення здобувачами освіти за завданням викладача дослідів з використанням приладів, застосуванням інструментів та інших технічних пристроїв.

Практичне заняття – це основний вид навчальних занять, спрямований на формування навчальних та професійних практичних умінь, навичок.

Методи проблемного навчання припускають створення проблемних ситуацій, тобто таких умов або такої обстановки, при яких необхідність процесів активного мислення, пізнавальної самостійності здобувачів освіти, знаходження нових невідомих ще способів і прийомів виконання завдання, пояснення ще не пізнаних явищ, подій, процесів.

Повідомляючий виклад з елементами проблемності передбачає створення поодиноких проблемних ситуацій незначної складності. Викладач створює проблемні ситуації лише на певних етапах заняття, з тим, щоб викликати інтерес здобувачів освіти до питання, що вивчається, сконцентрувати їх увагу на своїх словах та діях. Проблеми вирішуються по ходу викладу нового матеріалу самим викладачем.

Суть методу пізнавального проблемного викладу полягає в тому, що викладач, створюючи проблемні ситуації, ставить конкретні навчально-пізнавальні проблеми і сам у процесі викладу матеріалу здійснює показове вирішення поставлених проблем. Тут на особистому прикладі викладач показує тим, хто навчається, якими прийомами і в якій логічній послідовності слід вирішувати проблеми, що виникли при даній ситуації.

При діалогічному проблемному викладі викладач створює проблемну ситуацію. Рішення проблеми йде спільними зусиллями викладача та здобувача освіти. Найбільш активна роль здобувачів освіти проявляється на тих етапах вирішення проблеми, де потрібне застосування вже відомих їм

знань. Цей метод створює досить широкі можливості для активної творчої діяльності, забезпечує тісний зворотний зв'язок у здобувачів освіти, вчить висловлювати свої думки вголос, доводити і відстоювати їх, що, як не можна краще, виховує активність їх життєвої позиції.

Евристичний або частково пошуковий метод застосовується тоді, коли викладач ставить за мету навчити студентів окремим елементам самостійного вирішення проблеми, організувати і вести силами здобувачів освіти частковий пошук нових знань.

Дослідницький метод має мало відмінностей від евристичного. Обидва методи з погляду побудови їх змісту ідентичні. Як і евристичний, так і дослідницький методи припускають постановку навчальних проблем та проблемних завдань, управління викладачем навчально-пізнавальної діяльністю здобувачів освіти, які у тому й іншому випадку засвоюють нові знання, переважно шляхом вирішення навчальних проблем [31; 32].

Вибір методу навчання залежить від низки чинників (Рис. 3.2).

Форми організації навчання – це зовнішнє вираження узгодженої діяльності викладача та здобувача освіти, що здійснюється у певному порядку (Рис. 3.3).

Культурологічний феномен, створений педагогічною думкою – навчальне заняття (урок) – це закінчений у смисловому, організаційному та тимчасовому відношенні етап процесу навчання. Саме заняття складають у закладі вищої освіти основу цілісного освітнього процесу.

Дамо характеристику заняття. Сучасне заняття – це:

1. Відкриття істини, пошук істини та її осмислення.
2. Частина життя здобувача освіти та проживання його має відбуватися на рівні високої загальнолюдської культури.
3. Особистісно-орієнтований підхід.
4. Створення ситуації успіху, суб'єктивне переживання людиною особистих досягнень.
5. Полоролеве виховання.

6. Організація групової діяльності.

7. Гармонійне заняття.

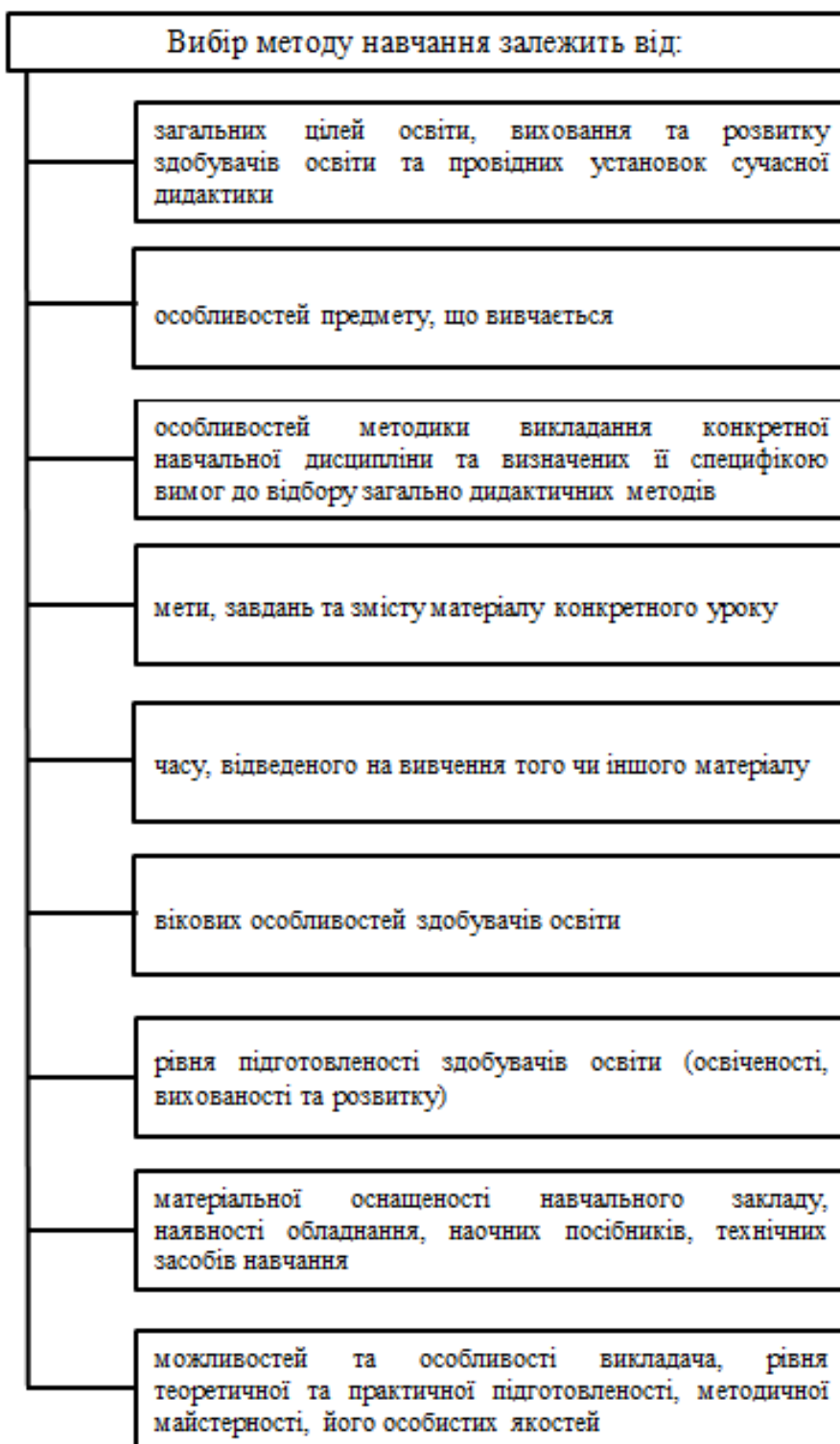


Рис. 3.2 Вибір методу навчання

Розглянемо основні структурні елементи, різне поєднання яких характеризує і різні різновиди занять.

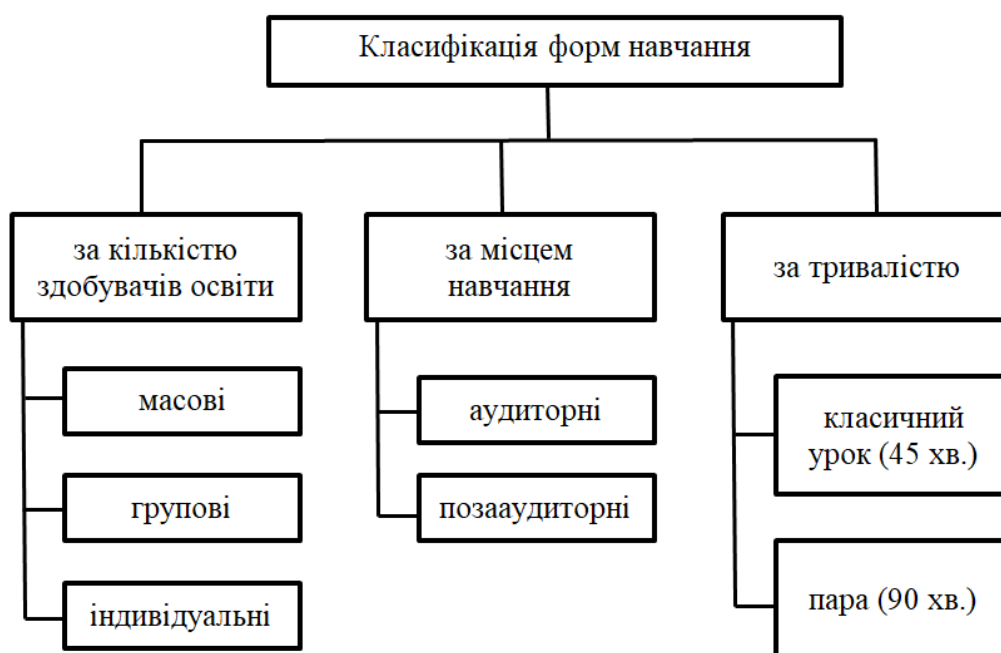


Рис. 3.3 Класифікація форм навчання

1. Перший елемент – організаційна частина. Зазвичай до організаційної частини входять привітання здобувачів освіти, перевірка готовності їх до заняття, матеріально-технічне забезпечення заняття, виявлення відсутніх, оголошення теми, навчальних питань і цілей, які ставить викладач на цьому занятті перед учнями, значення заняття для учнів та його актуальності, доведення плану роботи. Мета організаційної частини – створити робочу обстановку на занятті.

2. Другий елемент – перевірка домашнього завдання, що проводиться різними методами в залежності від поставленої мети.

3. Третій елемент – усна перевірка знань (експрес-опитування), яка зазвичай проводиться різними методами (індивідуальне, фронтальне або комбіноване опитування).

4. Четвертий елемент – основна частина – доведення основного матеріалу, що здійснюється або на основі повідомлення викладачем, або шляхом самостійного його опрацювання.

5. П'ятий елемент – завдання на самостійну роботу. У цю частину заняття входить пояснення сутності домашнього завдання і, якщо потрібно, методики його виконання.

6. Шостий елемент – закріплення основного матеріалу.

7. Сьомий елемент – заключна частина, яка має проходити організовано. Вона включає на згадування теми, цілей та навчальних питань заняття, оцінка викладачем ступеня досягнення цілей заняття, які їм були поставлені спочатку заняття, оголошення оцінок за результатами роботи здобувачів освіти на занятті [32].

Правила підготовки та організації заняття. Для того щоб успішно спланувати і провести заняття, необхідно поряд з виконанням загальних вимог до процесу навчання в цілому керуватися і конкретними правилами організації заняття:

- визначити цілі заняття (мети навчання – це ідеальне (думкове) передбачання його кінцевих результатів, тобто того, чого повинні прагнути викладач і здобувачі освіти);

- підготувати зміст навчально-методичного матеріалу з урахуванням рівня навченості, вибрати найбільш ефективне поєднання методів та прийомів навчання;

- визначити структуру заняття, спланувати та здійснити структурування процесів викладання.

Системні якості заняття. Якщо звернутися до історії заняття, то можна побачити, що спочатку на занятті формували тільки знання, надалі воно стає все більш розвиваючим та виховуючим. Заняття стало включати три цілі: навчання, розвиток та виховання. Можна виділити також стимулюючу, спонукаючу та ін. Однак головна функція заняття повинна полягати в розвитку індивідуальності та формуванні особистості учня, окремих їх якостей в єдності. Тому основною функцією заняття має стати інтегративна функція.

Технологія заняття. Заняття – культурологічний феномен, оброблений людськими зусиллями. Як явище культурологічного порядку воно видозмінювалося, знаходячи свою історію існування, а значить, свої злети і падіння.

Зміст дидактичної структури заняття:

1. Актуалізація опорних знань.
2. Формування нових понять та способів дій.
3. Застосування – формування умінь та навичок.

Навчання операторів безпілотних літальних апаратів є важливим етапом для забезпечення ефективної та безпечної експлуатації цих систем. Існує ряд методів та форм навчання, спрямованих на розвиток навичок, знань та вмінь для ефективного управління БПЛА. На основі отриманих даних в ході нашого дослідження ми перерахуємо деякі з них:

1. Теоретичне навчання.

- Лекції та семінари: проведення теоретичних занять, де оператори отримують базові знання про принципи роботи БПЛА, закони авіації, технічні характеристики та основні вимоги до експлуатації.

2. Навчання на симуляторах.

- Віртуальні тренажери: використання віртуальних симуляторів для навчання операторів керуванню БПЛА в умовах, що моделюють реальний політ.

3. Практичні тренування.

- Польові вправи: навчання в реальних умовах, що може включати в себе польоти на реальних БПЛА для отримання практичного досвіду.

- Тренування з управління: практичне використання систем управління БПЛА для набуття навичок управління та реагування на різні ситуації.

4. Електронне навчання.

- Відеоуроки та онлайн-курси: використання електронних ресурсів для самостійного вивчення та поглиблення знань з питань експлуатації БПЛА.

5. Індивідуальне навчання.

- Менторство: взяття під опіку досвідчених операторів для передачі практичного досвіду та порад.

6. Оцінка та звітність.

- Відслідковування результатів: система оцінки та аналізу результатів, отриманих під час навчання, для подальшого вдосконалення методів.

Комбінація цих методів дозволяє створити комплексну систему навчання, спрямовану на підготовку висококваліфікованих операторів БПЛА. Також важливо враховувати оновлення технологій та правових аспектів, пов'язаних із використанням безпілотних систем.

3.2 Моделювання навчального процесу

Процедура моделювання як об'єктивна та універсальна гносеологічна процедура широко застосовується в педагогіці. У зв'язку з цим важливо проаналізувати досвід використання в педагогіці моделювання як засобу розв'язання теоретичних та практичних завдань за допомогою моделей. На наш погляд, строгу і однозначну класифікацію таких моделей побудувати неможливо, оскільки модель служить лише засобом пізнання і «у чистому вигляді не існує».

Модель – це свого роду «перевертень», який в залежності від кута зору може бути в різних видах [33]. Але можна виділити основні напрямки застосування моделювання в педагогіці та розглянути моделі, що будуються згідно з цими напрямками. Такий аналіз сприятиме понятійному та термінологічному визначенню моделей і послужить цілеспрямованому використанню в педагогіці методу моделювання.

Категорії науки пов'язують наукове знання в цілісну систему. Найважливішими категоріями педагогіки є освіта, виховання, навчання. Саме з цими поняттями пов'язані педагогічні дослідження та моделі, що будуються. У педагогіці, як і в інших наукових дисциплінах, дослідницька модель може виникнути декількома способами:

- в результаті спостереження за явищем та його осмислення;
- в результаті процесу дедукції як приватний випадок деякої моделі;
- внаслідок процесу індукції як узагальнення деякої моделі.

Моделі використовуються або як дослідницький прийом досліджуваного педагогічного об'єкта з метою його пояснення, вивчення, уточнення; або як інструмент, що дозволяє на основі аналізу модельного уявлення педагогічного об'єкта проводити його побудову чи функціонування.

Розглянемо поняття «освітній простір», що використовується в наукових дослідженнях для позначення понять «освітнє середовище», «ситуація», «система», «світ» тощо [33], як деяке узагальнююче і дозволяє проаналізувати моделі, що створюються щодо освіти (Рис. 3.4).

Сформульовані підходи до розуміння освітнього простору: системно-цілісний, ментально-емоційний, особистісно-розвивальний, соціально-географічний, дистанційний та локально-постерний [33] визначатимуть можливі аспекти вивчення освіти.

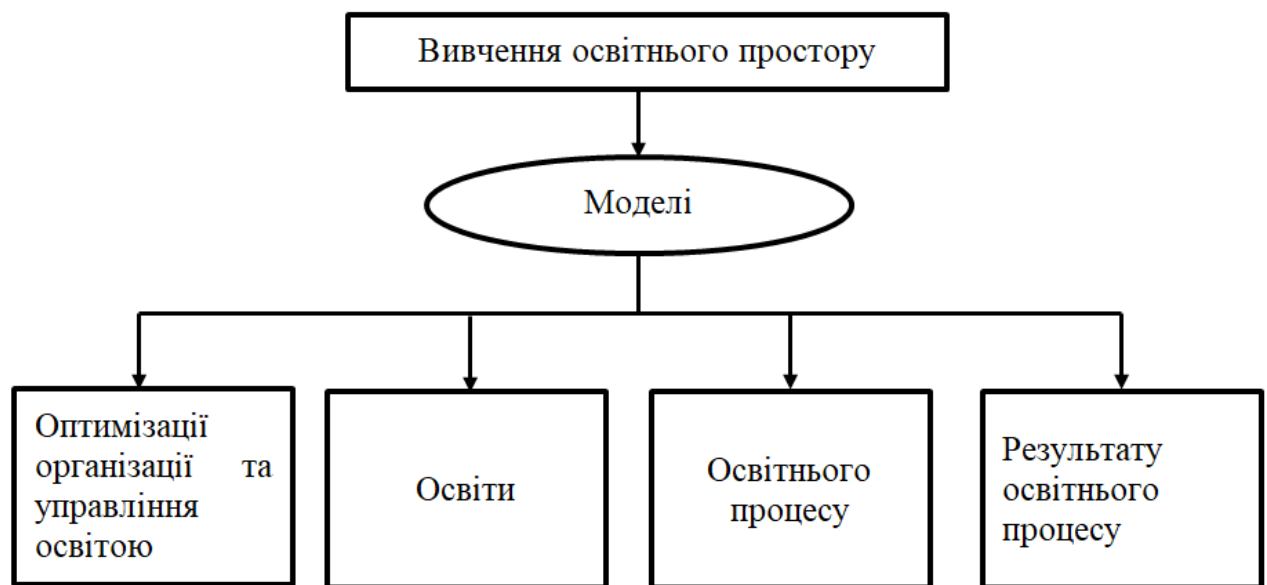


Рис. 3.4 Моделі вивчення освітнього простору

У понятті «освітній простір» знаходить відображення освітня система, «що включає різні елементи та зв'язки між ними: підсистеми, управління, організацію, кадри тощо» [34]. Вивчення цих елементів за допомогою моделей

освітніх систем дозволить виявити резерви для оптимізації організації та управління освітою. З міркувань Є.А. Лодатко випливає, що під моделлю освітньої системи можна розуміти концептуальний підхід до побудови системи освіти, згідно з яким «формується уявлення про ефективність та цінності освітніх установ, виходячи з управлінських позицій». Виділяючи як відмітні характеристики моделей внутрішній або зовнішній спрямованість системи освіти, його орієнтацію на авторитарні або демократичні суспільні цінності, Є.А. Лодатко приходять до чотирьох типів моделей освітніх систем: тоталітарної, прагматичної, раціональної, відкритої [33].

Вивчення освітнього простору пов'язане також із побудовою моделей освіти. О.М. Дахін під освітньою моделлю розуміє «логічно послідовну систему відповідних елементів, що включають цілі освіти, зміст освіти, проектування педагогічної технології та технології управління освітнім процесом, навчальних планів та програм» та виділяє такі види освітніх моделей: потокову, селективно-групову, модель змішаних здібностей, інтегративну, інноваційну, адаптивну модель школи Є.Я. Ямбурга [35].

Освітня модель задає цілі та схему освіти, що визначає, навіщо, що пізнавати, хто і як здійснюватиме освітню та навчальну діяльність. Відповідно до класифікації Є.А. Солодової та Ю.П. Антонова в моделях освіти можна виділити моделі «макрорівня», які визначають концепцію розвитку системи освіти, та моделі «середнього» рівня, що «моделюють якість освіти на виході конкретного вишу» [36]. Тому велика група моделей присвячена моделюванню професійної освіти.

Ці моделі враховують особливості спеціальності, навчального закладу, дидактичних умов навчання для вироблення професійних компетенцій. При цьому використовується принцип системності, враховуються внутрішні та зовнішні фактори професійної освіти. До цієї групи моделей близькі моделі, що дозволяють сформувати індивідуальні траєкторії навчання школярів, учнів середніх та вищих навчальних закладів.

Традиційно в центрі педагогічних досліджень знаходяться учні і моделі, що дозволяють вивчати його з різних боків. Модель особистості можна представити описово як сукупність суттєвих властивостей та якостей особистості, необхідних людині для існування у сучасному світі.

Г.А. Атанов, І.М. Пустиннікова під навчальною моделлю розуміють «знання про здобувача, використовувані для організації процесу навчання». Виділяють динамічну поведінкову модель здобувача, що формується на основі аналізу поведінки здобувача освіти в процесі навчання, та нормативну, що будується на основі «вимог до його кінцевого стану» та визначальну мету навчання [37]. При проектуванні випускника освітньої установи, підготовленого до вирішення професійних завдань, будують моделі спеціаліста. Підкреслимо, що «в останній час намітилася явна тенденція до переходу від кваліфікаційної моделі фахівця до компетентної» [37]. Прикладом компетентнісної моделі спеціаліста є модель випускника педагогічного вузу, запропонована Ю.В. Фроловим, Д.А. Махотіним і «заснована на трьох рівнях основних (базових) компетентностей» – загальнокультурних, методичних, предметно-орієнтованих. Зазначимо, що «зарубіжні європейські компетентні моделі фахівців включають чотири види компетенцій: спеціальні, міжособистісні, інструментальні та системні» [37]. А.А. Сергєєв, М.Г. Сергєєва наголошують на необхідності «розробки технолого-кваліфікаційного забезпечення побудови моделі спеціаліста» [37]. Враховуючи роль моделювання у педагогічній діяльності, підкреслимо необхідність формування готовності майбутніх педагогів до педагогічного моделювання.

Наступний напрямок моделювання - це освітній процес, що представляє двоєдиний процес навчання та виховання та зумовлений «великим числом аналітичних змінних», під якими В.М. Ананішнєв розуміє елементи або ознаки освітнього процесу, що «підлягають виявленню, вимірюванню та оцінці». Для зручності аналізу за ним виділяються п'ять груп таких змінних і відповідно п'ять груп аналітичних моделей освітнього процесу: «структурні,

динамічні, факторні, типологічні та соціально-технологічні». При цьому структурна модель утворювального процесу є зрізом навчального процесу у статистиці. Динамічна модель освітнього процесу розглядає процес у часовому вимірі. Сукупність змінних, детермінуючих освітній процес, є факторною моделлю освітнього процесу. Крім того, вказується на необхідність аналізу навчального процесу за трьома напрямками: за формою відтворення та реалізації нормативних моделей діяльності та освіти, щодо взаємодії здобувача освіти та викладача, за структурою навчання, у контексті широкої взаємодії навчальних та позанавчальних факторів у культурогенезі здобувача, його освіти [38]. Розглянемо моделі цього напрямку.

Велике значення мають моделі організації освітнього процесу, що відрізняються формами та методами взаємодії суб'єктів освітнього процесу; технологіями розробки, уявлення, зберігання та передачі освітнього контенту; способами формування та закріплення знань і практичних навичок здобувачів. Насамперед до них належать моделі організації навчання як найважливішого засобу освіти. Широке застосування в освіті знаходять модель навчання, що розвиває, модель проблемного навчання, модель програмованого навчання, модель евристичного навчання, модель «Діалогу культур», модель проектування навчального процесу тощо.

Поряд із традиційними успішно застосовуються інноваційні моделі організації навчального процесу. Вони можуть відрізнитися за такими параметрами: ступінь інтенсивності педагогічної взаємодії викладача та здобувача; ступінь інтеграції теоретичного навчання з професійною практичною діяльністю; ступінь організаційно-методичної підтримки та контролю самостійної роботи здобувача з боку освітнього закладу.

Наприклад, інформатизація освіти призвела до появи нових моделей освітнього процесу, які дозволяють підвищити якість навчання [38]. На думку дослідників, для вищої та додаткової освіти перспективною є модель змішаного навчання, що є інтеграцією традиційних і дистанційних форм навчання [38]. Міжпредметні зв'язки та інтеграція різних форм освіти є

основними факторами моделювання навчального процесу. При цьому важливо враховувати, що освіта здійснюється протягом усього свідомого життя людини і певну роль у ньому грає самоосвіта. Розглянемо докладніше моделі, що будуються під час вивчення освітнього процесу (Рис. 3.5).



Рис. 3.5 Моделювання освітнього процесу

В центрі педагогічного проектування освітнього процесу знаходиться навчання. Будують і аналізують моделі навчання, що дозволяють зрозуміти та обґрунтувати фактори та важливі складові навчання, що сприяють його оптимізації.

Можна виділити моделі навчання, що будуються для отримання знання у контексті предмета, та дидактичні моделі. Дидактичні моделі відносять до розряду теоретичних, узагальнюючих, формуючих об'єктивне педагогічне знання. С.І. Архангельський виділяє два етапи дидактичного моделювання: не суворий і суворий, пов'язані з різним способом вираження показників

навчання. Згідно дослідженням А.В. Томільцева найдокладніший аналіз дидактичних моделей, закономірностей їх побудови та аналізу міститься у працях С.І. Архангельського, Б.В. Берсенадзе, К.Я. Вазіної, В.М. Мізінціва, Ю.О. Овакімяна, Л.Г. Турбович. Більшість таких моделей мають комплексний характер, у них складно переплітаються впливи різних моделей навчання, а їх головне завдання – конструктивно-технічна, нормотворча. Інша група моделей, так звані педагогічні моделі, повинні забезпечити практичну реалізацію освітнього процесу на основі досягнень теорії навчання.

Насамперед, навчання необхідно проектувати з урахуванням індивідуальних особливостей здобувачів освіти, прийнявши за основу, наприклад, дидактичну модель навчання. В цій моделі автори наголошують на відносинах педагог – здобувач освіти і характеризують її як модель індивідуального навчання. Для системного подання навчання необхідно враховувати і низку інших факторів та компонентів.

До найважливіших компонентів навчання багато педагогів відносять методичну систему, вважаючи, що правильний вибір методологічних і методичних основ викладання дозволяє вибудувати якщо не ефективну, то оптимальну модель навчання, коли, послідовно вирішуючи низку педагогічних завдань, можна дійти планованого результату. Тому часто вибудовують навчання на основі моделі методичної системи.

Найчастіше педагог стикається із застосуванням моделювання при підготовці та передачі навчального змісту. При цьому він виконує ряд дій моделювання: формування понять та уявлень за допомогою узагальнень; їхня формалізація; побудова наочних моделей об'єктів, що вивчаються; формування інформаційно-логічної моделі навчального матеріалу; побудова моделей знань та карт пам'яті; побудова дидактичних матриць; побудова моделей у навчальній діяльності та ін. При цьому моделі можуть використовуватися для ілюстрації якихось положень, виступати як засіб засвоєння готового матеріалу або використовуватись у дослідницькій навчальній діяльності (Рис. 3.6). По-перше, педагог застосовує технології

наочного моделювання, які дозволяють стимулювати мотивації різного рівня та тривалості. По-друге, здійснює представлення знань за допомогою різного типу моделей – логічних, реляційних, семантичних мереж, продукційних, фреймових, що забезпечують знанням, що представляються, структурованість, зв'язність та активність.

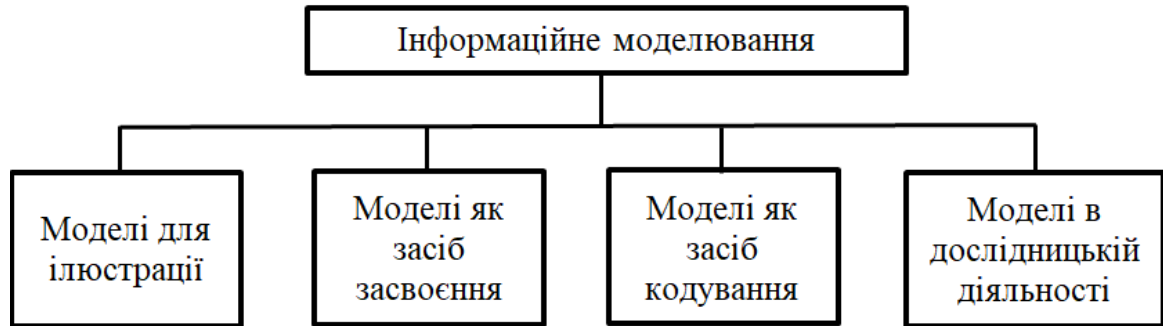


Рис. 3.6 Роль інформаційного моделювання в навчанні

В даному випадку йдеться про інформаційне моделювання як засіб подання змісту навчання, що визначає спосіб його засвоєння. Моделювання тут виступає в ролі кодування, яке дозволяє надавати інформації найбільш раціональну форму, що забезпечує точність і короткість її вираження, швидкість передачі та переробки, мінімальність обсягу з необхідною широтою значення. З погляду педагогічної взаємодії моделювання є засобом здійснення навчально-педагогічної комунікації. По-третє, педагог будує модель з метою використання процедури моделювання (від постановки завдання та побудови відповідних формалізованих її уявлень до результату) як метод навчання з чітко означеними навчальними діями (визначаються відповідно до етапів моделювання), що реалізуються в рамках дослідницької навчальної діяльності.

Навчальний процес можна розглядати як процес розв'язання послідовності навчально-педагогічних ситуацій, в які активним чином включені педагог та здобувач освіти як суб'єкти педагогічної та навчальної діяльності, що вимагає побудови та вивчення моделей педагогічних ситуацій. Наприклад, модельне вивчення конфліктних ситуацій за допомогою створення

спеціальних ігрових ситуацій та залучення в їх розв'язання здобувачів освіти на заняттях дозволяє педагогу коригувати поведінку в групі, готувати до правильного вирішення можливих конфліктів.

Педагогічне моделювання навчального процесу допомагає налагодити навчально-педагогічну взаємодію, знайти нові способи активізації навчально-пізнавальної діяльності та засоби реалізації діяльнісного підходу до організації навчання.

Модель, яка використовується в педагогічній теорії та практиці, повинна бути орієнтована на конкретні функції: ілюстративну, логічну, аналізуючу та синтезуючу, реконструкцію, пояснювальну, передбачувальну, вимірювальну, когнітивну, інтерпретаторську, трансляційну, критеріальну, практичну, комунікативну, технологічну, управління, навчання, тренажу, які визначаються цілями її створення.

3.3 Побудова моделі підготовки операторів безпілотних літальних апаратів

Нові горизонти розвитку вищої освіти пов'язані з технологіями, що сприяють створенню знань, управлінню ними, їх поширенню, доступу до них та контролю за ними [39; 40].

Вирішення цих завдань потребує зміни підходів до підготовки фахівців на вищому ступені освіти, використання нових моделей навчання. Причому найактуальніші сьогодні підходи, пов'язані з розвитком критичного мислення та творчих здібностей людини.

Все це дозволяє зробити висновок про те, що головним напрямом у роботі вищої школи сьогодні визнається не здійснення заключного, професійного етапу освіти, а закладення професійних основ, пов'язаних із завданням навчити безперервно вчитися та розвиватися самостійно – у професійному та особистісному напрямках.

Термін «модель навчання» (у деяких варіантах – «технологія навчання» або «вид навчання») використовується неоднозначно. Не заглиблюючись у

область термінологічних пошуків, зауважимо, що у вітчизняній педагогіці ці терміни частіше використовуються у значенні особливого способу організації навчання з опорою на виділену домінуючу групу використовуваних методів, форм, засобів і прийомів навчання.

У нашому дослідженні термін «модель навчання» буде використаний саме у такому його смисловому наповненні.

Дослідники та автори підручників з педагогіки схильні розділяти існуючі у вітчизняній вищій школі моделі навчання на дві групи: традиційні та інноваційні. Такий поділ є спірним, тому що не виражає особливостей кожної з них, вказуючи лише на ступінь їхньої кон'юнктурності у світлі вирішення нагальних завдань. Не можна не відзначити, що «інноваційні» моделі не виключають опори на традиційні засади та використовують форми, методи та прийоми, відпрацьовані в рамках «традиційної» моделі навчання. Тому ми розглядатимемо традиційну модель навчання (іноді її називають класичною, або пояснювально-ілюстративною, або репродуктивною) як вихідну, а інші моделі навчання – як її похідні, модернізовані під сьогоденні цілі та завдання вищої освіти.

Аналіз літератури показує, що інноваційні моделі навчання вибудовуються в основному на основі концепції навчання (в руслі так званого особистісно-орієнтованого підходу) і інтенсивніше спираються на активну пізнавальну позицію здобувача освіти (в руслі діяльнісного підходу).

Зразкова узагальнена модель інноваційного навчання передбачає:

- 1) активну участь здобувача освіти у процесі навчання (а чи не пасивне засвоєння інформації);
- 2) можливості прикладного використання знань у реальних умовах;
- 3) уявлення концепцій та знань у найрізноманітніших формах (а не лише у текстовій);
- 4) підхід до навчання як до колективної, а не індивідуальної діяльності;
- 5) акцент на процес навчання, а не запам'ятовування інформації [41].

Таким чином, можна порівняти узагальнену традиційну та інноваційну моделі навчання (Табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Порівняльна характеристика традиційної та інноваційної моделі навчання

Основні характеристики	Традиційна модель навчання	Інноваційна модель навчання
Цільовий акцент	Результат навчання (засвоєння встановленого програмою об'єму інформації)	Процес навчання (навчитися вчитися)
Роль здобувача освіти	Переважно пасивна	Переважно активна
Роль викладача	Провідна роль (джерело знань)	Консультативна (менеджер, режисер)
Форми представлення знань	З перевагою вербальних методів та текстових форм	Різноманітна переважно активні форми (ігрові, проблемні, ініціювання самостійної роботи, пошуку тощо)
Використання знань	Переважно в типових завданнях, для підготовки до контрольних процедур	Акцент на прикладне використання знань в сучасних умовах
Переважаюча форма навчальної діяльності	Фронтальна (лекції) та індивідуальна (підготовка до семінарів та контрольних)	Широке використання колективних та групових форм навчальної роботи

Тепер на основі узагальненої інноваційної моделі навчання можна дати короткий огляд її варіантів, найпоширеніших у сучасній вітчизняній вищій школі (Табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Порівняння характеристик інноваційних моделей навчання

Інноваційні моделі навчання	Ключові особливості	Характеристика традиційної моделі навчання, що розвивається
<i>Контекстне навчання</i>	Інтеграція різних видів діяльності здобувачів освіти: навальної, наукової, практичної. Створення умов, що максимально наближені до реальних.	Збільшення долі практичної роботи здобувача освіти (з акцентом на прикладну)
<i>Імітаційне навчання</i>	Використання ігрових та імітаційних форм навчання.	Збільшення долі активних методів навчання (імітації та імітаційні ігри)
<i>Проблемне навчання</i>	Ініціювання самостійного пошуку здобувачем освіти знань через проблематизацію викладачем навчального матеріалу.	Зміна характеру навчальної задачі та навчальної праці (з репродуктивного на продуктивний, творчий)
<i>Модульне навчання</i>	Зміст навчального матеріалу структурується з метою його максимально повного засвоєння та супроводжується блоками завдань та контролю по кожному фрагменту.	Специфічні організація навчального матеріалу – в найбільш стислому та зрозумілому здобувачу освіти вигляді
<i>Повне засвоєння знань</i>	Розробка варіантів досягнення навчальних результатів (на основі зміни параметрів умов навчання) для здобувачів освіти з різними здібностями	Увага на фіксації результатів навчання
<i>Дистанційне навчання</i>	Широкий доступ до освітніх ресурсів, самостійна та автономна роль здобувача освіти, викладач – керівник.	Використання новітніх інформаційно-комунікативних засобів та технологій

Кожна модель навчання розвиває будь-який елемент системи навчального процесу, приділяючи особливу увагу чи практичній його частині (контекстне навчання), або методичному «інструментуванню» (імітаційне навчання), або характеру діяльності здобувача освіти та викладача (проблемне навчання), або способу організації навчального матеріалу (модульне навчання), або досягненню максимального результату (модель повного засвоєння знань), або використанню специфічних навчальних засобів та

технологій (дистанційне навчання). У всіх випадках будь-яка з розглянутих інноваційних моделей змінює (поліпшує, розвиває, посилює) характеристику традиційного навчального процесу, розкриваючи невикористаний потенціал.

Тому можна говорити про те, що інноваційна освіта загалом – це не якась певна модель (краща чи гірша – цього визначити не можна через різниці умов, можливостей і цілей різних вузів), а принцип адекватного використання потенційних можливостей, що знову відкриваються, відомих елементів системи навчального процесу. Таким чином, інноваційний підхід в освіті визначається не через використання якоїсь однієї моделі, а через здатність проектувати та моделювати потрібний вузу навчальний процес з використанням різних моделей (схем) – на основі знання їхніх потенційних можливостей та «сильних сторін». Саме така здатність і робить процес навчання у закладі вищої освіти технологічним – тобто прогнозованим, що вибудовується, максимально і параметрично наближеним до запланованих результатів. При цьому його можна порівняти із творчим конструюванням.

Слід зазначити, що у рамках такого конструювання доцільно використовувати змішані моделі. Так, у системі дистанційної освіти ефективні принципи модульного навчання у поєднанні з моделлю повного засвоєння знань: зміст навчання зручно структурувати у навчальні модулі, а умови навчання (темп засвоєння, кількість повторів, проведення тестових процедур тощо) варіювати на основі моделі повного засвоєння знань.

Наведемо дев'ять основних принципів, які необхідно використовувати при побудові освітньої (початкової моделі):

1. **Значимість.** Значимість навчального процесу та знань стає більш очевидною для здобувачів освіти (і набагато більш мотивуючою), якщо вони розуміють, яким чином тема, що вивчається, вписується у «велику картину», у широкий змістовий контекст.

2. **Навчання галузей знань.** Здобувачі освіти знаходять потрібні знання та навички, якщо вони розуміють, чому важлива кожна академічна дисципліна, як фахівці знаходять нове знання і як вони ним діляться.

3. Розвивати навички мислення високого та низького рівня одночасно. Здобувачі освіти повинні розуміти зв'язки між окремими елементами отриманої інформації та вміти застосовувати це розуміння у різних ситуаціях.

4. Стимулюйте перенесення знань із однієї області до іншої. Здобувачам освіти слід розвивати вміння застосовувати свої навички, знання, уявлення та поняття, отримані за певних умов, у нових ситуаціях, механічно (перенесення нижчого рівня) або внаслідок ретельних роздумів та аналізу (перенесення вищого рівня).

5. Вчіть здобувачів освіти вчитися (метакогніція). Обсяг матеріалу, який можна засвоїти в рамках існуючої системи викладання, обмежений, здобувачі мають навчитися вчитися самостійно.

6. Усувайте відразу всі неясності. У людей можуть закріпитися помилкові уявлення про явища дійсності, якщо вони не мають можливості почути альтернативне пояснення.

7. Просувайте роботу в команді як процес та як результат. Вміння співпрацювати важливо, не кажучи вже про те, що воно є важливою умовою для ефективного оволодіння іншими важливими навичками.

8. Використовуйте технології. Уміння працювати з технологічними засобами - ще одна важлива навичка, необхідна для розвитку згадуваних вище якостей.

9. Заохочуйте креативність. Розвиток творчих здібностей вимагає як від викладачів, так і від здобувачів освіти структури та навмисності - здатності мозку формувати образи, і може відбуватися в рамках будь-якої дисципліни, а не лише предметів, пов'язаних із мистецтвом.

У своєму дослідженні [42] Shengjun Qia, Feng Wang і Li Jing розглядали аспекти кваліфікації та навичок, необхідних для пілотів БПЛА. Головною метою було врахувати сучасні вимоги до кваліфікації пілотів, встановлені авіаційними органами США, Великої Британії та Китаю. Досліджено загальні та спеціальні вимоги, такі як професійні якості, медичні стандарти, психологічна оцінка, освітні вимоги та рівень експлуатаційного досвіду.

Висновки дослідження вказують на наступні важливі аспекти, які впливають на операційну діяльність БПЛА:

- Оскільки екіпаж БПЛА не розташований на борту, управління та експлуатація БПЛА відрізняються від традиційних літальних апаратів. Екіпажі БПЛА знаходяться на наземних станціях управління (GCS), віддалених сотні або тисячі миль від літального апарату, що вимагає використання програмного забезпечення для управління замість традиційного обладнання управління.

- Пілот БПЛА повинен пройти спеціальну підготовку для забезпечення безпеки транспортного засобу, оскільки система управління розташована в ізолюваному середовищі. Для менших БПЛА пілот може має недостатньо досвіду роботи в умовах зорової видимості, тоді як для більших БПЛА, особливо в сфері військового чи урядового використання, необхідний передовий досвід для забезпечення успішності місій та безпеки польотів.

- Порівняно з пілотом традиційного літального апарата, пілот/оператор БПЛА, який перебуває на наземній станції управління (GCS), не має можливості отримувати такий же обсяг сенсорної інформації, так як відсутні прямі відчуття, такі як зір, звук і кінетичне відчуття. Такий оператор може спостерігати за БПЛА за допомогою бортових датчиків і камер, які транслюють інформацію на екран GCS.

Отже, для підготовки пілотів/операторів БПЛА важливо враховувати теоретичну підготовку, тренування на симуляторах, роботу з малими БПЛА та спеціалізоване навчання, охоплююче всі аспекти для зменшення ризиків та витрат, підвищення ефективності та мінімізації людських помилок.

Тому модель підготовки операторів БПЛА повинна складатися з блоку теоретичного навчання, тренажерного навчання та навчання в польових умовах.

Побудуємо загальну модель навчання операторів БПЛА (Рис. 3.7).

Згідно із сучасними науковими уявленнями, система підготовки визначається як сукупність ефективних засобів, які спеціально залучаються, а їхня інтегративна взаємодія під час функціонування спрямована на формування єдиного результату: надійності фахівця в авіаційній діяльності, як під час звичайної, так і нештатної ситуації. Таким чином, можна стверджувати, що напрямки проведення професійної підготовки льотчиків-операторів безпілотних літальних апаратів повинні включати наступні послідовні етапи: відбір кандидатів, теоретичну та практичну підготовку, оволодіння основами пілотування (управління) та маневрування БПЛА, а також його бойове використання відповідно до призначення. Зокрема, до цих етапів слід інтегрувати спеціальну психологічну підготовку.

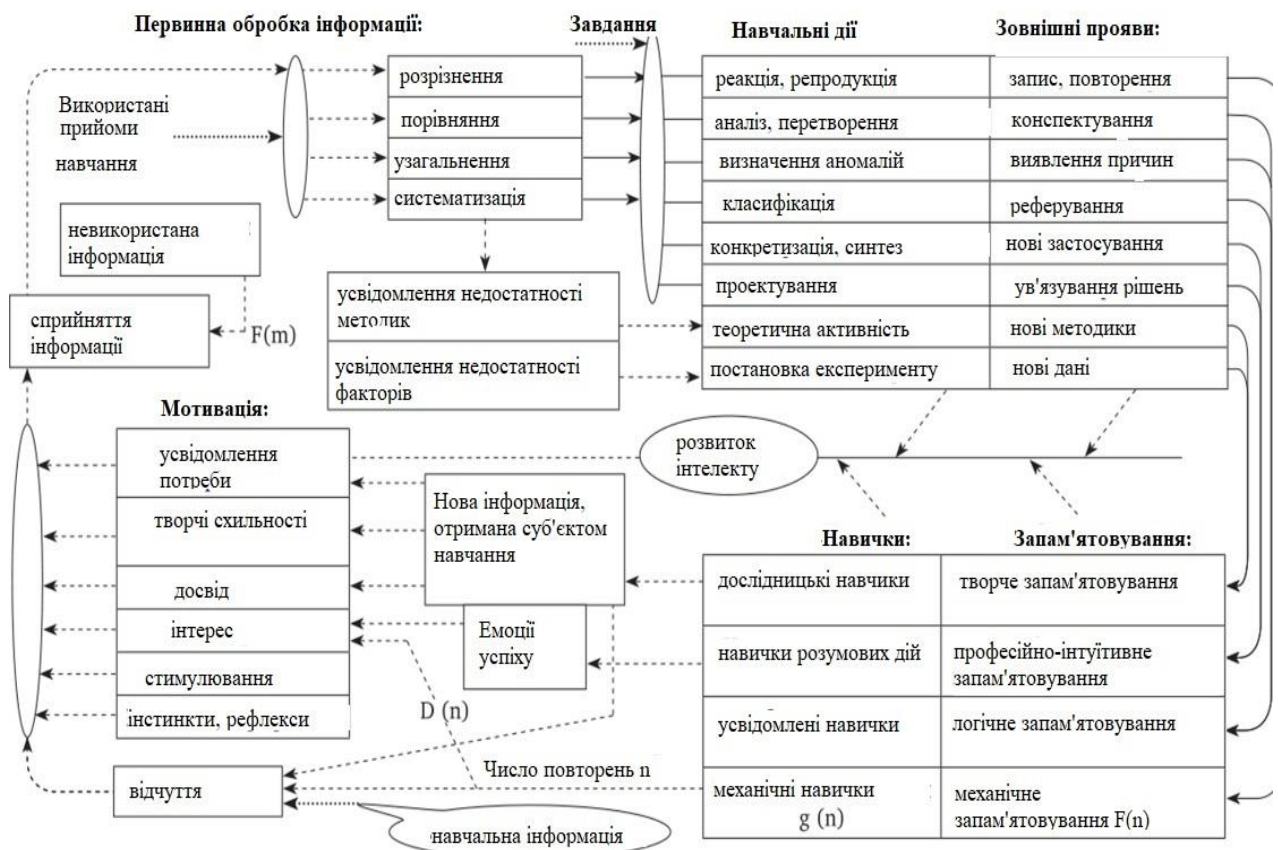


Рис. 3.7 Загальна модель навчання операторів БПЛА

Пілоти-оператори БПЛА є операторами складних систем, використовуючи матеріал авторів Седаша С.П. та Возного О.О. [43],

побудуємо модель здобуття навичок управління БПЛА під час тренажерної підготовки (Рис. 3.8).



Рис. 3.8 Модель навчання операторів БПЛА під час тренажерної підготовки

На основі розробки Плахотнюк Г.М. [51] ми розробили структурно-функціональну модель підготовки пілотів-операторів БПЛА (Рис. 3.9).

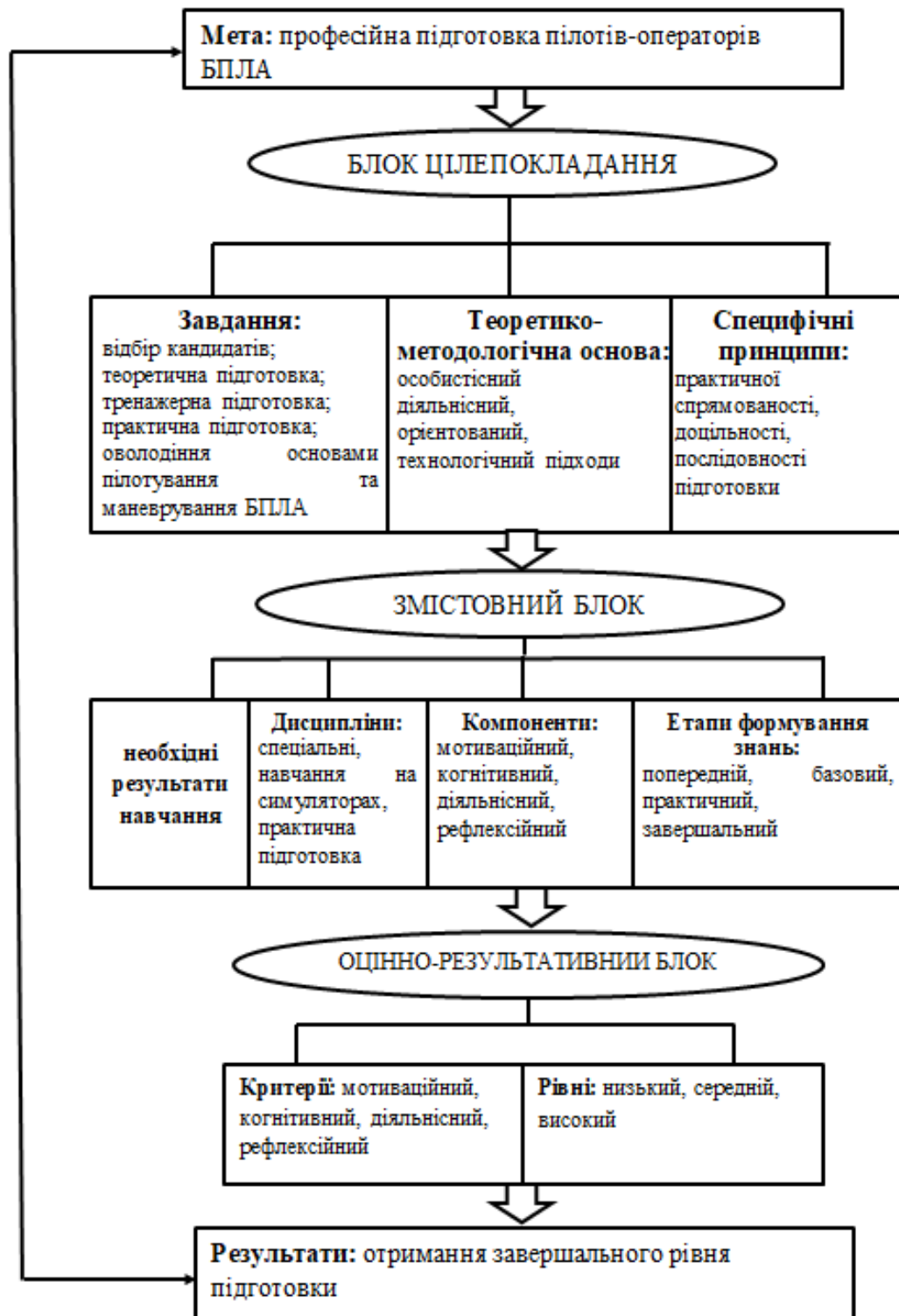


Рис. 3.9 Структурно-функціональна модель підготовки пілотів-операторів БПЛА

ВИСНОВКИ

За останнє десятиліття років наука стрімко розвилася, завдяки чому були створені смартфони, комп'ютери, БПЛА. Розробка нових видів техніки стала причиною появи таких цікавих професій як, програмісти, IOS-розробники, оператори БПЛА. Остання професія в Україні офіційно з'явилася в 2017 році, для людей, що претендують на цю вакансію, висувуються дуже суворі вимоги:

- вище або середнє технічне профільне навчання, пов'язане з авіацією;
- розуміння принципів роботи літальної техніки;
- технічний склад розуму.

БПЛА широко використовуються у всіх сферах нашого життя, але підготовлених спеціалістів, які здатні керувати БПЛА, мало, тому професію можна вважати дуже перспективною та корисною. БПЛА використовують для пошукових та військових операцій, у кіноіндустрії, моніторингу інших сферах:

- приватна відео зйомка (весілля, дні народження, концерти та інше);
- наукові дослідження (метеорологія, зоологія та інші);
- виявлення, допомоги населенню під час наводнень, пожеж, торнадо та інших природних катастроф;
- промисловість, розробка нових родовищ корисних копалин і т.ін.;
- доставка вантажів.

Областей застосування дуже багато, у перспективі БПЛА можуть здійснювати транспортування людей, тварин, великогабаритних вантажів.

У обов'язки оператора БПЛА входить виконання таких робіт:

- підготовка літального апарату до польоту;
- створення польотних завдань;

- контроль технічного стану безпілота;
- отримання та обробка інформації;
- підкріплення до БПЛА різних видів цифрової техніки;
- прийняття рішень під час виникнення критичних ситуацій;
- техобслуговування безпілотників;
- виконання нескладних ремонтних робіт;
- аналіз отриманих цифрових матеріалів, їх обробка;
- ведення документації.

У оператора, що працює з БПЛА, повинна бути відмінна моторика, швидка реакція та мислення, тому він зобов'язаний приймати рішення у час непередбачених ситуацій, попередження людських жертв, руйнування.

В ході нашого дослідження ми розв'язали наступні завдання:

- 1) Провели огляд класифікацій БПЛА та їх застосування в цивільній сфері.
- 2) Вивчили особливості професійної діяльності операторів БПЛА.
- 3) Розглянули існуючі в педагогіці форми, методи та засоби навчання;
- 4) Розробили модель підготовки операторів БПЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інструкція із застосування військовослужбовцями Національної гвардії України технічних приладів і технічних засобів, що мають функції фото- і кінозйомки, відеозапису, засобів фото- і кінозйомки, відеозапису: наказ М-ва внутрішніх справ України від 13.01.2021 №12. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0294-21> (дата звернення 25.10.2023).
2. С. Романченко, О. І. Лисенко, С.М. Чумаченко, О. М. Тачініна та ін., Моделі застосування інформаційно-телекомунікаційних технологій на базі безпілотних авіаційних комплексів у надзвичайних ситуаціях. Монографія. Київ: НАУ, 2016. 335 стор.
3. Наказ Міністерства оборони України Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України від 8 грудня 2016 року № 661. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-17#Текст> (дата звернення 25.10.2023).
4. Classification of the Unmanned Aerial Systems. URL: <https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5> (дата звернення 25.10.2023).
5. Vittorio Castrillo,& Angelo Manco,& Domenico Pascarella & Gabriella Gigante, "A Review of Counter-UAS Technologies for Cooperative Defensive Teams of Drones," Drones, 2022, 6(3), 65.
6. Vinay Chamola & Pavan Kotes Aayush & Agarwal & Navneet Gupta & Mohsen Guizani & Naren Naren, "A Comprehensive Review of Unmanned Aerial Vehicle Attacks and Neutralization Techniques," Ad Hoc Networks, vol. 111, 2021, 102324.
7. DRONEII: Tech Talk – Unraveling 5 Levels of Drone Autonomy. URL: <https://dronelife.com/2019/03/11/droneiitech-talk-unraveling-5-levels-of-drone-autonomy/> (дата звернення 25.10.2023).
8. Maziar Arjomandi, "Classification of Unmanned Aerial Vehicles," The University of Adelaide, 2007, 49 p.

9. Taha Elmokadem & Andrey Savkin, "Towards fully autonomous UAVs: A survey," *Sensors*. 2021, 21. 6223.
10. Singhal, B. Bansod, and L. Mathew, "Unmanned Aerial Vehicle Classification, Applications and Challenges: A Review," *Preprints*, 2018, 2018110601.
11. Hoa Nguyen & Toan Quyen & Van-Cuong Nguyen & Anh Le & Hoa Tran & Minh Nguyen, "Control Algorithms for UAVs: A Comprehensive Survey," *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems*, vol. 7, Issue 23, e5, 2020
12. U. E. Franke, "Civilian drones: Fixing an image problem?" *ISN Blog. International Relations and Security Network*. Retrieved, vol. 5, 2015.
13. A. C. Watts, V. G. Ambrosia, and E. A. Hinkley, "Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use," *Remote Sensing*, vol. 4, pp. 1671-1692, 2012.
14. Вантажний квадрокоптер. URL: <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011> (дата звернення 10.10.2023).
15. Вантажний квадрокоптер. URL: <https://www.theverge.com/2016/12/14/13952240/amazon-drone-delivery-launch-uk> (дата звернення 10.10.2023).
16. UAS Traffic Management Project. URL: <https://utm.arc.nasa.gov/utm2015.shtml> (дата звернення 10.10.2023).
17. Мікродрони. URL: <https://www.microdrones.com/en/content/microdrones-parcelcopter-enters-regular-service-for-dhl/> (дата звернення 10.10.2023).
18. DHL Parcelcopter. URL: <https://slideplayer.com/slide/13073556/> (дата звернення 10.10.2023).
19. Дрон «Flybox». URL: <https://www.linde-mh.ru/> (дата звернення 10.10.2023).
20. Концепт аеротаксі «Bell Nexus». URL: <https://www.bellflight.com/products/bell-nexus> (дата звернення 10.10.2023).

21. VOLOCOPTER. URL: <https://volocopter.com/en/> (дата звернення 10.10.2023).
22. EHANG. URL: <https://www.ehang.com/> (дата звернення 10.10.2023).
23. Сфери застосування безпілотних літальних апаратів. URL: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html#id19> (дата звернення 10.10.2023).
24. O.M. Tachinina, A.I. Lysenko, V.O. Kutieпов Classification of Modern Unmanned Aerial Vehicles. *Electronics and Control Systems* 2022. №4(74). С. 79-86.
25. Ломов Б.Ф., Платонов К.К. Експериментально-психологічні дослідження в авіації та космонавтиці. М: Наука, 1978. 304 с.
26. Трофімов Ю.Л. Інженерна психологія. Електронний підручник. URL: https://pidru4niki.com/11510225/psihologiya/inzhenerna_psihologiya (дата звернення 15.12.2023).
27. Пряжникова О.Ю. Психологія праці. Електронний підручник. URL: https://stud.com.ua/5287/psihologiya/psihologiya_pratsi (дата звернення 15.12.2023).
28. Макаров Р.М. Основи формування надійності льотного складу в цивільній авіації: навч. посібник. М.: Повітряний транспорт, 1990. 384 с.
29. Скрипець А.В. Основи авіаційної інженерної психології: навч. посібник. Київ: НАУ, 2002. 532 с.
30. Мадієвський Ю.М. Курс лекцій з «Ергономіки» / ред.. Березуцького В.В. Харків: НТУ «ХП», 2015. 294 с.
31. Фіцула М.М. Педагогіка вищої школи. Електронний підручник. URL: https://pidru4niki.com/70107/pedagogika/pedagogika_vischoyi_shkoli. (дата звернення 20.12.2023).
32. Ягоднікова В.В. Інтерактивні форми і методи навчання у вищій школі: навч.-метод. посіб. Київ: ДП «Вид. дім «Персонал», 2009. 80 с.

33. Король В.М. Психологія та педагогіка. Електронний підручник.
URL: https://stud.com.ua/47/psihologiya/psihologiya_i_pedagogika (дата
звернення 20.12.2023).
34. Лодатко О.А. Моделювання освітніх систем в контексті цінностей
орієнтації соціокультурного простору // Науково-культурологічний журнал.
2008. №1(164). С. 2-3.
35. Дахін А.Н. Педагогічне моделювання: сутність, ефективність та
невизначеність // Педагогіка. 2003. №4 С. 21-26.
36. Солодова О.А., Антонов Ю.П. Математичне моделювання
педагогічних систем // МКО. 2005. Ч. 1. С. 113-119.
37. Атанов Г.А., Пустиннікова І.Н. Навчання та штучний інтелект, чи
основи сучасної дидактики вищої школи. Донецьк: ДООУ, 2002. 504 с.
38. Ананішев В.М. Моделювання в сфері освіти // Системна психологія
та соціологія. 2010. Т.1. №2. С. 25-31.
39. Інноваційні технології навчання в системі підготовки та підвищення
кваліфікації державних службовців // Під заг.ред. В.Г.Логвінова та
С.К.Хаджираєвої. Одеса: ОРІДУ УАДУ, 2002. 253с.
40. Інтерактивні методи навчання: навч. посібник /За заг. ред.
П.Шевчука і П.Фенриха. Щецін: WSAP, 2005. 170 с.
41. Інтерактивні технології навчання: теорія, практика, досвід роботи /
Уклад. О.Пометун, Л.Пироженко. Київ : А.П.Н., 2002. 136 с.
42. Unmanned Aircraft System Pilot/Operator Qualification Requirements
and Training Study Shengjun Qia , Feng Wang and Li Jing Chinese Flight Test
Establishment, 710089 Xi'an, China.
43. Сєдаш С.П., Возний О.О. Модель автоматизованого управління
формуванням навичок у операторів складних систем. *Системи озброєння і
військова техніка* 2020. №3(63). С. 98-103.
44. Чабаненко П.П. Методологія і техніка розробки структурних
моделей людино-машинних систем. *Збірник наукових праць Харківської
української інженерно-педагогічної академії* 2004. № 7. С. 73-85.

45. Чабаненко П.П., Берлад П.М. Математичне моделювання трансформаційного навчання оператора людино-машинної системи на основі структурних моделей навчання. *Системи обробки інформації* 2010. № 1(82). С. 192-195.
46. Неділько В.М., Пальоний А.С., Сурков К.Ю. Проблеми побудови системи адаптивної тренажерної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом. *Радіoeлектронні і комп'ютерні системи* 2017. №4. С.64-72.
47. Верещагін І.І. Автоматизований синтез і моделі гнучких комп'ютерних професійних тренажерів широкого призначення: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.13.06. НАН України, Міністерство освіти і науки України, Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем. Київ, 2007. 20 с.
48. Борсук С.П. Адаптивне навчання операторів на функціональному тренажері: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.07.14. Національний авіаційний університет. Київ, 2011. 23 с.
49. Сурков К.Ю. Метод синтезу структури системи адаптивної тренажерної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом для підвищення ефективності навчання: дис... канд. техн. наук: 05.22.13. Льотна академія Національного авіаційного університету. Кропивницький, 2019. 184 с.
50. Kaczor K., Szymon B., Grzegorz J. Overview of Expert System Shells. Krakow: GH University of Science and Technology, 2010. 334 p.