

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЦЕНТР ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ

«СХВАЛЕНО»

Педагогічною радою Українського
державного центру позашкільної
освіти
Протокол № 10 від “06” червня 2022
року

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА З ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО НАПРЯМУ

«ПІДГОТОВКА ОПЕРАТОРІВ БПЛА»

Основний рівень, один рік навчання

Автори:

Ткачук Роман Зіновійович, керівник гуртка «Операторів аматорської служби радіозв'язку» Івано-Франківського обласного державного центру науково-технічної творчості учнівської молоді;
Пасхалова Лариса Олексіївна, методист, керівник гуртка «Судномодельовання» Українського державного центру позашкільної освіти.

м. Київ – 2022

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА З ПОЗАШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО НАПРЯМУ «ПІДГОТОВКА ОПЕРАТОРІВ БПЛА»

Основний рівень, один рік навчання

*«Схвалено педагогічною радою Українського державного центру позашкільної освіти»,
протокол № 10 від 06 червня 2022 року»*

Автори: Ткачук Р. З., Пасхалова Л. О.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

В останні десять років безпілотні літальні апарати (далі – БПЛА) набрали величезну популярність, особливо в найбільш розвинених державах світу. БПЛА можна успішно використовувати від відеозйомки для контролю посівів до створення інфраструктури доставки товарів, виконання пошуково-рятувальних робіт. З їх допомогою можна проводити аеро фото- чи відеозйомку поверхні, яка дозволяє виявляти порушення технічного стану об'єктів, складати карти ґрунтів, оцінювати ступінь вирубки лісових масивів.

Специфічні властивості і переваги БПЛА – відносно невисока вартість, різноманітність виконуваних функцій, висока оперативність підготовки до застосування, економічність і простота в експлуатації. БПЛА масово застосовуються при надзвичайних ситуаціях, в першу чергу для ведення повітряної розвідки – як тактичної, так і стратегічної. Останні події надали нового імпульсу індустрії БПЛА в Україні. Бізнес (аграрний, логістичний, медійний) та військові бачать значну цінність у цих повітряних суднах.

Варто зазначити, що існує небагато професійної літератури щодо юридичних аспектів використання безпілотних літальних апаратів в Україні. Здебільшого, статті та дослідження присвячені військовим та технічним цілям.

За сучасним визначенням, «безпілотником» є тільки той апарат, який знаходиться під постійним дистанційним контролем пілота або пілотів і призначений для повернення на аеродром і для подальшого повторного використання.

Безпілотне повітряне судно – повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном. До безпілотних повітряних суден належать безпілотні некеровані аеростати і дистанційно пілотовані повітряні судна; (Авіаційні правила України, Частина 47 «Правила реєстрації цивільних повітряних суден в Україні», Наказ Державної авіаційної служби України від 05.02.2019 № 153).

У сучасних умовах з'явилась **нагальна** потреба в спеціально навчених людях, які займаються підготовкою безпілотника до польоту і віддалено керують його переміщенням з певною заданою метою, тобто операторів БПЛА.

В основу навчальної програми покладений особистий досвід Ткачука

Романа Зіновійовича (керівника гуртка «Операторів аматорської служби радіозв'язку» Івано-Франківського обласного державного центру науково-технічної творчості учнівської молоді) з підготовки операторів БПЛА.

Навчальна програма реалізується у гуртках, секціях, творчих об'єднаннях, клубах підготовки операторів БПЛА закладів позашкільної освіти науково-технічного напрямку спортивно-технічного профілю та спрямована на здобувачів освіти, як правило, віком від 14 до 18 років.

Метою програми є формування компетентностей особистості засобами підготовки операторів БПЛА.

Основні завдання програми полягають у формуванні таких компетентностей:

пізнавальної, яка передбачає оволодіння основними поняттями авіаційної науки які стосуються використання, керування та обслуговування БПЛА; оволодіння основами аеродинаміки, радіозв'язку, топографії, навігації, фото-відеосправи; розвиток технічного мислення; ознайомлення з правовими основами застосування БПЛА; набуття морально-психологічних якостей; поглиблення теоретичних знань з навчальних предметів, що вивчаються в закладах загальної середньої освіти: фізики, географії, програмування, правознавства; креслення, трудового навчання;

практичної, яка орієнтована на набуття техніко-технологічних умінь і навичок експлуатації БПЛА різного функціонального призначення; розвиток практичних навичок у керуванні, обслуговуванні та ремонті БПЛА; розвиток практичних навичок застосовування топографічних знань, використання Google інформації; формування та розвиток практичних навичок фото- та відеофіксації подій; користування законодавчою базою щодо порядку використання повітряного простору України; набуття практичного досвіду здійснення польотів БПЛА; виховання обережності та дисциплінованості в практичній діяльності; виховання зосередженості, самостійності виконання польотних завдань; розвиток уміння змістовно організувати дозвілля засобами технічної творчості;

творчої, яка передбачає набуття досвіду власної творчої діяльності з науково-технічної творчості, розв'язання творчих завдань, здатності проявляти творчу ініціативу; розвиток конструкторських, винахідницьких, дослідницьких, творчих здібностей, системного, просторового і логічного мислення, уяви, фантазії; формування вмінь самостійної експлуатації технічних об'єктів; формування стійкого інтересу до занять технічною творчістю; потреби у творчій самореалізації та духовному самовдосконаленні;

соціальної, яка орієнтована на розвиток трудової культури, досягнення високого рівня освіченості і вихованості; емоційний, фізичний та інтелектуальний розвиток; формування кращих особистісних рис (відповідальність, чесність, працелюбство, чесність тощо), ціннісного ставлення до себе та інших; розвиток здатності до професійного самовизначення, творчого становлення; формування громадянської поведінки, патріотизму, любові до України.

У структурі програми передбачено вивчення чинного законодавства у

частині порядку використання повітряного простору України: Повітряний кодекс України; Положення про використання повітряного простору України (Постанова Кабінету міністрів України від 6.12.2017 № 954); Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» (Наказ Державної авіаційної служби України, Міністерства оборони України від 11.05.2018 № 430/210); Авіаційні правила України, Частина 47 «Правила реєстрації цивільних повітряних суден в Україні» (Наказ Державної авіаційної служби України від 05.02.2019 № 153) (посилання на сайт Державної авіаційної служби України <https://avia.gov.ua/bezpilotni-povitryani-sudna-2/>).

Програму побудовано лінійним способом, навчальний матеріал реалізується систематично і послідовно з поступовим ускладненням, новий навчальний матеріал викладається на основі вже вивченого й у тісному взаємозв'язку з ним. Програма є професійно-орієнтованою.

Програма передбачає один рік навчання у групах основного рівня, На опрацювання навчального матеріалу відводиться 216 год. (6 год./тиждень).

Принципи особистісно-орієнтованого навчання дають можливість враховувати потреби кожного здобувача освіти, його здібності, вміння та навички та допомагає в повній мірі виявити й розвинути творчий потенціал здобувачів освіти.

Під час проведення занять необхідно звертати увагу на дотримання здобувачами освіти правил техніки безпеки, навчити їх безпечним прийомам роботи, ознайомити із заходами попередження травматизму. Перед початком роботи проводиться інструктаж з техніки безпеки та вступне заняття з метою вивчення обладнання, інструменту, основних питань з організації роботи. За структурою заняття мають бути комбінованими, складатися з теоретичної та практичної частини.

Освітній процес базується на практичній діяльності здобувачів освіти, в процесі якої відбувається засвоєння теоретичного матеріалу. Важливе місце надається проведенню тренувальних польотів на симуляторах (тренажерах) та керуванню польотом БПЛА в реальних умовах.

Формами контролю за результативністю навчання є підсумкові, залікові заняття, опитування, виконання контрольних вправ.

Навчання за пропонованою навчальною програмою не потребує спеціальної підготовки та знань. Навчальний матеріал адаптований до занять зі здобувачами освіти різного рівня підготовленості.

Програма є орієнтовною. За необхідності керівник гуртка може внести до програми зміни, які не повинні впливати на загальний зміст навчальної програми. Незмінними мають залишатися мета, завдання і прогнозований результат освітньої діяльності.

**Основний рівень
НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН**

| № | Тема | Кількість годин | | |
|---------------|---|-----------------|------------|------------|
| | | теоретичних | практичних | усього |
| 1. | Вступ | 3 | - | 3 |
| 2. | Безпілотні літальні апарати (БПЛА) | 3 | 3 | 6 |
| 3. | Теоретичні основи польоту | 3 | 3 | 6 |
| 4. | Правові основи використання БПЛА у повітряному просторі України | 3 | - | 3 |
| 5. | Бортове обладнання та конструкція БПЛА | 3 | 3 | 6 |
| 6. | Системи керування та навігації БПЛА | 3 | 6 | 9 |
| 7. | Симулятори та тренажери | 3 | 27 | 30 |
| 8. | Підготовка БПЛА до польоту | 3 | 12 | 15 |
| 9. | Основи безпеки польоту БПЛА | 3 | 6 | 9 |
| 10. | Польоти БПЛА у зоні прямої видимості | 6 | 30 | 36 |
| 11. | Польоти БПЛА поза межами прямої видимості | 9 | 48 | 57 |
| 12. | Фото- та відеофіксація | 6 | 6 | 12 |
| 13. | Технічне обслуговування (ТО) БПЛА | 6 | 12 | 18 |
| 14. | Проведення контрольних-підсумкових тестів та іспитів | - | 3 | 3 |
| 15. | Підсумок | 3 | - | 3 |
| Разом: | | 57 | 159 | 216 |

ЗМІСТ ПРОГРАМИ

1. Вступ (3 год.)

Теоретична частина. Мета, завдання та зміст роботи. Організаційні питання. Правила безпеки життєдіяльності. Дотримання правил техніки безпеки при роботі з механічними та електричними пристроями.

2. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) (6 год.)

Теоретична частина. Історія БПЛА. Сфери застосування БПЛА. Використання БПЛА на території України. Професії пов'язані з виробництвом та використанням БПЛА.

Класифікація БПЛА за критеріями: тип зльоту; цільове призначення; технічні характеристики; тип живлення силової установки; корисне навантаження; тип системи автоматизації; система запобігання зіткнень; тип навігації; тип захисту від глушіння сигналів; пропускна здатність радіочастотного каналу; бортова обробка даних; спеціалізація програмного забезпечення.

Малорозмірні БПЛА: дрони, квадрокоптери тощо.

Практична частина. Міні дослідження на тему «Використання БПЛА на території України» та/або «Професії пов'язані з виробництвом та використанням БПЛА» (за матеріалами Інтернет мережі).

3. Теоретичні основи польоту (6 год.)

Теоретична частина. Поняття аеродинаміки. Сила опору повітря. Підймальна сила та центр ваги тіла. Планування.

Аеродинаміка і динаміка польоту БПЛА різних видів. Льотні характеристики.

Практична частина. Ознайомлення з льотними характеристиками БПЛА різних видів. Дослідження підйальної сили БПЛА.

4. Правові основи використання БПЛА у повітряному просторі України (3 год.)

Теоретична частина. Повітряний кодекс України: правила реєстрації та придатність судна до польоту. Положення про використання повітряного простору України, дозволені зони польоту. Правила реєстрації цивільних повітряних суден: поняття «Безпілотне повітряне судно» (безпілотник). Порядок використання повітряного простору безпілотними повітряними суднами. Моделі спортивного і розважального призначення, загальною вагою менше 20 кг.

5. Бортове обладнання та конструкція БПЛА (6 год.)

Теоретична частина. Типовий склад бортового інтегрованого обладнання БПЛА та алгоритми його функціонування: система управління польотом, автопілот; навігаційна система; система стабілізації; система передачі сигналів керування та даних; обладнання контролю технічного стану комплексу; бортовий накопичувач моніторингової (отриманої) інформації; датчики (сенсори); цільове спорядження; спеціальне обладнання тощо. Засоби розпізнавання та фіксації об'єктів (фото- та відео пристрої, тепловізор тощо).

Основні складові конструкції БПЛА: повітряна платформа зі спеціальною системою зльоту та посадки; силова установка (двигуни); блок керування; блок живлення. Основні технічні параметри БПЛА: габарити, радіус дії, ємність акумулятора, частота передавача/приймача, вага, роздільна здатність фото-відео апаратура.

Практична частина. Вивчення інструкції по експлуатації БПЛА. Ознайомлення з бортовим обладнанням БПЛА різних видів та вивчення алгоритмів його функціонування. Визначення основних складових конструкції БПЛА.

6. Системи керування та навігації БПЛА (9 год.)

Теоретична частина. Системи радіокерування БПЛА. Діапазон радіочастот. Захищений радіоканал. Технічні операційні засоби що застосовуються у процесі польоту БПЛА. Системи стабілізації. Польотний контролер. Комунікаційний контролер. Датчики, сервоприводи. Телеметрія.

Апаратура FPV. Системи живлення і заряду, ходові акумулятори.

Наземні та супутникові навігаційні системи. Конфігурація та настроювання GPS модуля. Особливості роботи систем стабілізації та навігації.

Режими керування БПЛА: оператором, автоматичний (автопілот). Пристрої обміну командною інформацією. Прийом відеосигналу. Зв'язок через Wi-Fi. Основні вимоги до систем зв'язку з БПЛА. Спрямовані антени. Віртуальні окуляри.

Початкові налаштування БПЛА. Спеціалізоване програмне забезпечення. Інтерфейс польотних програм. Можливість оперативної заміни програмного забезпечення для реалізації різних задач одним й тим БПЛА. Програма «Mission Planner».

Особливості використання систем Phantom 4 Pro, Mavic 2, платформи Matrice 30.

Практична частина. Ознайомлення з початковими налаштуваннями БПЛА. Вивчення інтерфейсу польотних програм. Практичні вправи з прошивки польотного контролера БПЛА та її змінювання. Вправи на застосування програми «Mission Planner».

7. Симулятори та тренажери (30 год.)

Теоретична частина. Різновиди симуляторів та тренажерів для підготовки операторів БПЛА. Призначення та способи застосування тренажерів і симуляторів. Інтерфейс користувача. Засоби комп'ютерного моделювання польоту. Формування тренувального простору. Важливість віртуального процесу керування БПЛА (розвиток координації, відпрацювання рефлексів тощо).

Практична частина. Тренування на авіасимуляторі: відпрацювання базових навичок управління БПЛА в різних умовах (при поганій погоді, в темну пору тощо); виконання віртуального старту/приземлення БПЛА (планера, літака, гвинтокрила, квадрокоптера); здійснення польотів у безперешкодних умовах; відпрацювання статичних фігур та фігур вищого пілотажу. Створення та обминання перешкод. Проведення «повітряних боїв».

8. Підготовка БПЛА до польоту (15 год.)

Теоретична частина. Основи радіокерування моделями. Вплив умов проходження радіохвиль на дальність керування. Наземна станція управління та обробки інформації, антени та інше додаткове обладнання. Теоретичні основи створення високоефективних антен. Польотний контролер. Тестові польоти. Оцінювання працездатності БПЛА за допомогою телеметрії.

Практична частина. Розгортання наземної станції керування та підготовка апаратури радіокерування (пульта). Налаштування системи живлення органу керування та літального пристрою. Тестування дієздатності систем та модулів БПЛА.

9. Основи безпеки польоту БПЛА (9 год.)

Теоретична частина. Вплив природних, антропогенних і техногенних факторів на безпеку польоту БПЛА. Метеорологічні умови. Способи розрахунку польотних параметрів відповідно до різних умов. Оцінювання метеорологічних умов перед здійсненням польоту.

Топографія місцевості на шляху БПЛА: архітектурні та інфраструктурні об'єкти.

Практична частина. Оцінювання та врахування природних, антропогенних і техногенних факторів, які можуть вплинути на безпеку польоту. Розрахунок польотних параметрів БПЛА.

Вивчення топографії місцевості, де здійснюються польоти. Позичіонування архітектурних та інфраструктурних об'єктів на шляху БПЛА. Практичні вправи: з орієнтування за картою на місцевості; з використання супутникової системи навігації.

10. Польоти БПЛА у зоні прямої видимості (36 год.)

Теоретична частина. Особливості конструкції та льотні характеристики БПЛА що застосовуються в межах прямої видимості. Повздожня та бокова стійкість. Траєкторія польоту. Горизонтальний (планер) та вертикальний (квадрокоптер) старт. Прямолінійний політ. Політ з набором висоти.

Оптичні пристрої. Безпосереднє візуальне спостереження та використання простих оптичних пристроїв. Орієнтація БПЛА за об'єктами на місцевості. Техніка запуску БПЛА.

Практична частина. Вправи на набуття стійких навичок керування БПЛА (повздожня та бокова стійкість). Тренувальні польоти з врахуванням особливостей моделей (Phantom 4 Pro, Mavic 2, Matrice 30 та інших): старт (горизонтальний (планер) та вертикальний (квадрокоптер)); прямолінійний політ; політ з набором висоти; політ за заданою траєкторією.

11. Польоти БПЛА поза межами прямої видимості (57 год.)

Теоретична частина. Основи безпечного застосування БПЛА поза межами прямої видимості: врахування форм рельєфу та кліматичних факторів; прогнозування можливих особливостей зміни обставин при виконанні польотних завдань; керування в умовах обмеженої видимості; засади безпечного повернення та приземлення БПЛА.

Топографія. Географічні координати. Умовні позначення на картах. Азимут. Дирекційний кут. Вигляд рельєфу на Google картах. Розпізнавання об'єктів в онлайн режимі. Польотна зона, польотне завдання та планування польоту. Польоти «по точках».

Спільні та відмінні риси у використанні квадрокоптерів, гвинтокрилів, літаків та планерів. Особливості будови та способів керування БПЛА різних видів (обладнання наземної станції та польотної частини апаратів Phantom 4 Pro, Mavic 2, Matrice 30, українського квадрокоптера RS-17 та дрона «Лелека» та інших). Стійкість моделі у горизонтальному та вертикальному напрямі. Підготовка до польоту за допомогою програми «Mission Planner». Ознаки

несправності БПЛА та сценарії поведінки у нештатних ситуаціях.

Практична частина. Вивчення польотної зони за топографічними та Google картами. Завантаження топографічних відомостей щодо польотної зони у пам'ять керуючого пристрою БПЛА. Планування та розрахунок польоту «по точках». Вправи на розпізнавання об'єктів в онлайн режимі.

Відпрацювання нештатних ситуацій на симуляторі (тренажері). Виконання польотів. Налаштування стійкості моделі у горизонтальному та вертикальному напрямі. Відпрацювання якості польоту в різних метеорологічних умовах на різній висоті. Усунення недоліків. Керування БПЛА в особливих умовах (задимлення, снігопад, обмеження видимості).

12. Фото- та відеофіксація (12 год.)

Теоретична частина. Знімальне устаткування. Загальна будова фото- та відеопристроїв. Основні параметри (світлочутливість, роздільна здатність, оптичне та електронне збільшення). Оптичні фото- та відеокамери. Стабілізаційний підвіс оптичної частини (гімбал). Будова і принцип дії тепловізора. Дистанційне керування знімальним устаткуванням.

Фотографування та відеофіксація подій на місцевості. Приймання та розшифрування фото- та відеоінформації (онлайн, в записі). Розпізнавання об'єктів.

Практична частина. Вправи з використання тепловізора, фото- та відеокамер. Керування оглядовим полем та зближенням камери. Розшифрування фото- та відеоінформації, розпізнавання об'єктів.

13. Технічне обслуговування (ТО) БПЛА (18 год.)

Теоретична частина. Особливості будови та принцип дії систем та функціональних блоків БПЛА. Передпольотні та післяпольотні огляди БПЛА: перевірка роботи двигунів, систем керування, налаштування і ремонт. Тестування механічних та електричних характеристик систем БПЛА за допомогою вимірювальних приладів (тахометр, віброметр, електронний осцилограф, аналізатор спектру сигналу).

Практична частина. Набуття навичок користування електронними вимірювальними приладами. Проведення механічних та електричних (електронних) вимірювань. Перевірка та налаштування механічних частин БПЛА. Чищення та змащування рухомих вузлів. Встановлення відповідності отриманих результатів початковим параметрам БПЛА. Перевірка та калібрування систем БПЛА в польових умовах.

14. Проведення контрольних-підсумкових тестів та іспитів (3 год.)

Практична частина. Програмовий контроль теоретичних знань. Проведення підсумкових тестових польотів на тренажерах і симуляторах. Здійснення контрольних польотів у реальних умовах в межах прямої видимості та поза межами прямої видимості.

15. Підсумок (3 год.)

Теоретична частина. Підбиття підсумків.

ПРОГНОЗОВАНИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Вихованці мають знати і розуміти:

- історію та сфери застосування БПЛА;
- різновиди та класифікацію БПЛА;
- правила техніки безпеки при поводженні з механічним та електронним обладнанням що стосується БПЛА;
- правові основи використання БПЛА у повітряному просторі України;
- теоретичні основи польоту;
- загальні поняття аеродинаміки;
- типовий склад бортового інтегрованого обладнання БПЛА та алгоритми його функціонування;
- основні складові конструкції БПЛА;
- призначення та способи застосування тренажерів і симуляторів;
- технічні операційні засоби що застосовуються у процесі польоту БПЛА;
- основи радіокерування моделями;
- особливості проходження радіохвиль, що використовуються під час керування та отримання інформації;
- теоретичні основи створення високоефективних антен;
- особливості конструкції та льотні характеристики БПЛА різних видів;
- основи безпеки використання БПЛА;
- вплив природних, антропогенних і техногенних факторів на безпеку польоту БПЛА;
- різновиди тестувальних та вимірювальних приладів, що застосовуються при налаштуванні і регулюванні обладнання;
- особливості використання знімального устаткування;
- принципи виконання польотів у видимих межах та поза межами прямої видимості.

Вихованці мають уміти і застосовувати:

- визначати склад бортового інтегрованого обладнання БПЛА та основні складові конструкції БПЛА;
- налаштовувати системи живлення органу керування та літального пристрою;
- тестувати дієздатність систем та модулів БПЛА;
- оцінювати та враховувати природні, антропогенні і техногенні фактори, які можуть вплинути на безпеку польоту;
- орієнтуватися за топографічними картами, Google картами та на місцевості;
- розраховувати польотні параметри БПЛА;
- програмувати польотний контролер БПЛА;
- налаштовувати стійкість моделі у горизонтальному та вертикальному напрямі;

- правильно стартувати, переходити у режим автопілоту, оминати перешкоди, швидко застосовувати відповідні дії у випадку екстремальних ситуацій;

- застосовувати знання правил техніки безпеки;
- здійснювати фотографування та відеофіксацію подій на місцевості;
- користуватися тепловізором;
- розшифровувати робочі параметри польоту онлайн та враховувати їх при подальшому здійсненні виконання завдань;
- користуватися тестувальними та вимірювальними приладами;
- здійснювати технічне обслуговування (ТО) БПЛА.

Вихованці мають набути досвід:

- тренувань на симуляторі (тренажері);
- налаштування систем та блоків БПЛА;
- топографії та орієнтування на місцевості;
- планування польотів у видимих межах та поза межами прямої видимості, завантаження відповідних програм та даних з Google;
- здійснення практичних польотів у видимих межах та поза межами прямої видимості;
- фотографування та відеофіксації подій на місцевості;
- розшифрування робочих параметрів польоту;
- виконання технічного обслуговування (ТО) БПЛА.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безпілотний літальний апарат [Електронний ресурс] / Вікіпедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Безпілотний_літальний_апарат (дата звернення 06.06.2022). – назва з екрана.

2. Державна авіаційна служба України. Безпілотні повітряні судна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/bezpilotni-povitryani-sudna-2/> (дата звернення 06.06.2022). – назва з екрана.

3. Михальчук А. В. Позашкілья: радіоелектронне конструювання: спортивно-технічне авіамоделювання / Михальчук А. В., Винокур Н. Є, Пастушок Р. Г., Романюк В. Ф., упоряд. Калюжна О. В. – К. : Шк.світ, 2013. – 112 с.– (бібліотека «Шкільного світу»). – ISBN 978-966-451-791-8.

4. Пехота О. М. Освітні технології: Навч.-метод. посіб. / О. М. Пехота А. З. Кіктенко О. М. Любарська та ін. За заг. ред. О. М. Пехоти. К. : А.С.К., 2004. – 256 с. – ISBN: 966-8291-22-0.

5. Стовпюк Р. Д., Ткачук Р. З. ІТ-технології у позакласній роботі технічного напрямку. *Фізика та астрономія в рідній школі. 2015. № 5. С. 46-48.*

6. Области застосування безпілотних літальних апаратів. Воронько В. В., ВОРОНЬКО І. О. Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» / Європейська наукова платформа Collective Monographs [Електронний ресурс]. – Режим

доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/monographs/article/view/8531> (дата звернення 06.06.2022).- назва з екрана.

7. Програмування польотів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ardupilot.org/copter/> (дата звернення 06.06.2022).- назва з екрана.

8. Українські дрони у небесах: проблеми використання безпілотників в Україні Іван Чайка Суспільство [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://voxukraine.org/ukrayinski-droni-u-nebesah-problemi-vikoristannya-bezpilotnikiv-v-ukrayini/> (дата звернення 06.06.2022). – назва з екрана.

9. Pawel Wlodarczyk. Modelarstwo lotnicze i kosmiczne. – Warszawa, 2001. – 384 с.

10. Tkachuk R. Z. The Development of Children’s Enthusiasm for Electronics by Applying Nanomaterials for Drones: тези доповіді XVII International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems (Ivano-Frankivsk, October 11-16, 2021). Ivano-Frankivsk, 2021. С. 134.

11. Walter Diem. Die schonsten drachen bauen und fliegen. – Berlin, 2001. – 260с.