

**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Волянської Яни Богданівни**

**«МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ЕЛЕКТРОРУШІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ БАГАТОЦІЛЬОВИХ  
АВТОНОМНИХ ПЛАВАЛЬНИХ АПАРАТІВ»**,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**1. Актуальність теми дослідження**

Актуальність теми «Методологія підвищення ефективності експлуатації електрорушійних комплексів багатоцільових автономних плавальних апаратів» підтверджується тим фактом, що у сучасних об'єктах морської робототехніки, у тому числі автономних плавальних апаратах (АПА), у сучасних методах експлуатації, обслуговування та ремонту засобів водного транспорту різного типу і призначення, головними є категорії безпеки, екологічності, економічної та енергетичної ефективності.

На існуючому рівні розвитку науки і технологій України, проблема забезпечення її ефективно експлуатованими АПА обмежена науковим протиріччям: гарантоване виконання багатоцільовими АПА основного технологічного завдання неможливе при одночасній підтримці високої енергетичної ефективності, керованості, стабілізації режимів локальних систем, екологічності, безпечності і універсальності експлуатації, мінімізації собівартості, розширених функціональних можливостях, конструктивної спрощеності, швидкого налагодження виробництва.

Слід підкреслити, що підвищення загальної ефективності експлуатації багатоцільових АПА пов'язане із:

– побудовою експлуатаційно-ефективних електрорушійних комплексів (ЕРК) із обранням типу їх рушіїв і систем перетворення енергії;

– визначенням структури систем стабілізації і керування ЕРК із мінімальною апаратною надмірністю, за принципами «компромісного» (у залежності від цільового технологічного завдання і призначення апарата) обрання елементів комплексу;

– забезпеченням керованості із одночасним розширенням функціональних можливостей ЕРК, обґрунтуванням матеріально-часових витрат, використанням наявної матеріально-технічної бази комплектуючих.

Означена наукова проблема ускладнена тому, що існує різноманіття принципів побудови основних елементів багатоцільових АПА (рушійних і енергетичних установок, пропульсивних комплексів, систем стабілізації руху і інших систем), є особливості забезпечення багатоцільових АПА технічним обслуговуванням і ремонтом (ТО і Р).

Отже, вирішення розв'язуваної у дисертації наукової проблеми полягає у необхідності підвищення загальної ефективності експлуатації багатоцільових АПА та безпосередньо пов'язане із процесами проектування і визначенням конфігурацій ЕРК, із забезпеченням їх якісним технічним обслуговуванням і ремон-

том, залежить від головних завдань, призначених для виконання АПА. Саме це й обумовлює склад ЕРК та інших технічних систем багатоцільових АПА.

Таким чином, удосконалення методів підвищення ефективності експлуатації багатоцільових АПА і їх ЕРК, яке засноване на попередньому науковому обґрунтуванні і визначенні необхідних тактико-технічних характеристик (ТТХ) ЕРК апаратів, на удосконаленні концепції проектування і синтезу їх конструкції, побудови та забезпеченні подальшого ефективного технічного обслуговування та ремонту, є актуальною науковою проблемою, у тому числі для функціонування ВМС України і її цивільного флоту.

## **2. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Обґрунтованість і достовірність запропонованих наукових положень підтверджується логічністю обрання методів та методик дослідження, показниками адекватності отриманих залежностей, задовільною відповідністю емпіричних та теоретичних результатів.

Обґрунтованість висновків та практичних рекомендацій, що запропоновані і наведені в дисертаційній роботі, підтверджуються отриманими результатами практичних та теоретичних досліджень. Одержані наукові результати добре узгоджуються з даними раніше проведених досліджень, як здобувачем, так і іншими науковцями, підтверджується використанням їх на практиці.

Все, що наведено вище, дозволяє стверджувати про обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що містяться у дисертації.

## **3. Наукова новизна одержаних результатів**

Здобувачкою особисто отримані наступні нові наукові результати, де у рамках вирішення сформульованої науково-технічної проблеми, проведено аналіз існуючого стану і вперше визначені невирішені до сьогоднішнього часу завдання розвитку теорії та практики забезпечення ефективного керування і експлуатації ЕРК, які представлені методами опису складних технічних систем (СТС), а саме:

– вперше отримано метод побудови енергоефективної системи стабілізації курсу, який відрізняється введенням властивостей часткової інваріантності до збурень, що дозволяє підвищити загальну ефективність експлуатації: зменшити витрати енергії, спростити технічну реалізацію, забезпечити збільшення часу автономної дії АПА;

– удосконалено метод ідентифікації параметрів нелінійної математичної моделі Номото систем керування ЕРК морських суден, який відрізняється використанням і обробкою результатів маневрених експериментів, що дозволяє енергетично ефективно експлуатувати судна у режимах стабілізації курсу;

– удосконалено метод підтримки прийняття рішень при забезпеченні технічним обслуговуванням і ремонтом багатоцільових засобів водного транспорту, який, на відміну від відомих, ґрунтується на удосконаленій процедурі розрахунку різнорідних інтегрованих показників ТО і Р і заснований на адитивному викорис-

танні методів кваліметрії, експертних оцінок і лінгвістики, що дозволяє підвищити ефективність ТО і Р багатоцільових засобів водного транспорту;

– удосконалено процедуру синтезу ЕРК на основі безконтактного двигуна, яка відрізняється обґрунтованим виключенням із комплексу окремих елементів за принципом «мінімальної апаратної надмірності», що дозволяє підвищити надійність функціонування і зменшити вартість апаратної частини ЕРК без суттєвого погіршення основних регульовальних і енергетичних характеристик;

– удосконалено метод підтримки прийняття рішень при визначенні складових елементів ЕРК, який відрізняється ітераційним використанням інтегрованих показників для комбінацій елементів комплексів, що дозволяє підвищити ефективність експлуатації ЕРК знаходженням варіантів, непокрашуваних за кількома критеріями одночасно;

– отримав подальший розвиток метод аналогій для геометрично подібних двигунів ЕРК, який відрізняється доведенням можливостей застосування багатополюсних двигунів на підвищеній частоті джерела живлення без суттєвого їх переконструювання, що дозволяє досягти суттєвого запасу потужності і моменту при забезпеченні різних експлуатаційних режимів АПА;

– отримав подальший розвиток метод оцінки енергоефективності різних конструктивних переробок однакових за висотою вісі обертання двигунів ЕРК, який відрізняється багатофакторним інтегрованим їх порівнянням, що дозволяє визначати результуючі експлуатаційні характеристики ЕРК АПА.

З більшістю отриманих наукових результатів слід погодитися - вони безсумнівні, деякі результати є дискусійними характер.

#### **4. Практичне значення одержаних результатів**

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що вони можуть використовуватися при визначенні загальної архітектури різних складних СТС, яка гарантує високу експлуатаційну ефективність суден, у тому числі – при експлуатації ЕРК АПА у складних умовах плавання.

Особисто отримані здобувачкою наукові результати втілені у практичні розробки: у нові методи і структурні схеми, алгоритми функціонування і конструкції електрорушіїв; у вимірювальні прилади і програмну реалізацію адаптивних регуляторів, які використовуються при створенні вискоефективних ЕРК АПА, у рекомендаціях щодо умов і області застосування синтезованих адаптивних регуляторів різних технічних систем АПА, у лабораторно-дослідницьких стендах.

Результати наукових досліджень та навчально-наукові розробки здобувача, інформаційне та програмно-апаратне забезпечення використовуються у навчальному процесі: Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв), Національному університеті «Одеська морська академія», Військовій академії (м. Одеса), Центрі підготовки атестації плавскладу НУ «ОМА» для слухачів курсів підвищення кваліфікації суднових механіків і електромеханіків (акт впровадження від 27.05.2020 р.), Науковому центрі Військової академії (м. Одеса) (довідка від 27.03.2020 р.).

Практичні результати дослідження впроваджені у виробничу діяльність: ПАТ СК «Укррічфлот» філії «Херсонський суднобудівний-судноремонтний завод ім. Комінтерну» (акт впровадження № 113 від 11.09.2019 р.); ТОВ «СМАРТ-МЕРІТАЙМ ГРУП» Миколаївська верф (акт впровадження № 257 від 15.07.2020 р.); ТОВ «Онiкс» (акт впровадження від 07.02.2019 р.). Також, апробовані на наукових семінарах з проблеми «Наукові основи електроенергетики» Наукової Ради Інституту електродинаміки НАН України (науковий семінар «Оптимальне управління та експлуатація електроприводів спеціальних установок», 2016-2020 р. р.) де встановлено, що результати дослідження мають актуальність, наукову новизну та практичну значущість при проектуванні, створенні та експлуатації енергоефективних електрорушійних комплексів і суднових СТС.

#### **5. Повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків, рекомендацій**

За результатами виконаних досліджень здобувачем опубліковано 42 наукових праці, з них 4 – одноосібні. Основних публікацій у наукових профільних виданнях 26, з них 9 публікацій, що входять до науково-метричних баз Scopus і Web of Science, 1 патент України на корисну модель, 11 доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій (з них 1 публікація, що входить до науково-метричної бази даних Scopus), 2 навчально-методичних посібника.

В опублікованих працях викладено у повному обсязі основні отримані результати. Особистий внесок здобувачки в сумісних публікаціях є підтвердженим. Рівень та кількість публікацій, рівень апробацій відповідають вимогам, що ставляться МОН України до докторських дисертацій.

Перевірка роботи показала відсутність запозичень матеріалу без відповідних посилань на першоджерела. Запозичень у авторефераті, дисертації та публікаціях чужих праць і ідей без посилань на першоджерела, невідповідності змісту дисертації, автореферату і Паспорту спеціальності 05.22.20 не виявлено.

#### **6. Оцінка змісту дисертації у цілому**

Повний обсяг дисертації (370 сторінок) не перевищує встановлених МОН України вимог для дисертацій докторського рівня і є достатнім для пояснення основних отриманих наукових результатів. Дисертація складається з анотацій, переліку умовних скорочень, вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків.

**У вступі** визначено запит практики і існуюча науково-технічна проблема забезпечення ефективної експлуатації електрорушійними автономних плавальних апаратів, обґрунтовано актуальність теми дисертації, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами, сформульовані мета і завдання наукового дослідження, об'єкт і предмет досліджень, наведені методи досліджень, що застосовувалися для досягнення поставленої мети. Викладено новизну й практичну значущість отриманих наукових результатів, наведено дані про публікації й апробацію результатів роботи, охарактеризовано особистий внесок здобувача, подано відомості про впровадження результатів роботи.

**У першому розділі**, проведено аналіз сфер використання, сучасного стану і типів конструкцій багатоцільових АПА, автоматизованих систем керування (АСК)

їх ЕРК. Аналіз показав, що: а) у провідних країнах світу функціонують різноманітні АПА військового і цивільного призначення, які використовуються у різних морських технологіях; б) трендом розвитку сучасних морських технологій є масштабні дослідження у напрямку створення автономних безпілотних морських суден; в) головною тенденцією сьогодення є практичне злиття цивільного й військового секторів у галузі проектування, побудови і експлуатації морської робототехніки; г) багатоцільові АПА забезпечують ефективне вирішення специфічних завдань цивільного і військового флотів України.

Уточнено поняття «ефективна експлуатація» морського судна спеціального призначення при обґрунтуванні конструкції та призначення всіх систем АПА в умовах обмежень фінансів, часу, технологій, нормативно-правових та соціально-політичних чинників, прогнозі його внеску у наявний потенціал флотів, у ціну реалізації проектів, у ключові потенційні характеристики.

Визначені відмінності у концептуальному підході до принципів конструювання багатоцільових АПА та їх окремих систем і загальноприйнятих при проектуванні цивільних суден. Саме ці відмінності у концепції проектування (урахування модульності конструкції, можливості швидкої заміни обладнання, можливості «одноразового» використання, універсальність), дозволяють їх ефективно застосовувати у мирний і у воєнний час.

Проаналізовано стан розвитку систем підтримки прийняття рішень у галузі проектного синтезу та дослідження складних технічних систем (СТС) спеціального призначення.

**У другому розділі** визначені обмеження у використаних теоретичних методах, обґрунтовано тематику дисертації, його рамки, розроблено технологічну карту дослідження.

Визначені особливості процесів моделювання руху морських транспортних засобів у типових системах координат. Наведена система координат при стабілізації руху АПА при його русі уперед із оцінкою стійкості АПА, запропонована зовнішня архітектура АПА.

Математичний опис вирішення поставленої проблеми підвищення ефективності експлуатації багатоцільових АПА і, зокрема, їх ЕРК, у дисертації формалізовано виразом – записом логічної схеми алгоритму. Системний аналіз проблеми показав, що розв'язання головного завдання характеризується взаємозалежністю та замкнутістю процедур аналізу й синтезу ЕРК. Також наведені функціонально-структурні схеми, що описують методологічну побудову дослідження.

**У третьому розділі** проведені дослідження маршових двигунів для систем електроруху багатоцільових АПА. Визначені енергоефективні режими роботи ЕРК і показано, що при роботі маршових двигунів у зоні часткових навантажень, які характерні для функціонування ЕРК АПА, знижується їх результуюча енергетична ефективність. Доведено, що перспективним напрямом підвищення енергетичної ефективності є конструкційне перепроектування АД для ЕРК з перетворювачами частоти. Це пояснюється тим, що при живленні АД напругою з частотою, збільшеною пропорційно числу пар полюсів, відбувається зменшення його головних розмірів. Основною перевагою запропонованої модернізації АД для АПА є проста технологія, що забезпечує таку конструкційну модернізацію. Енергетична оптиміза-

ція АД застосовується повільним регулюванням напруги. У якості критерію оптимізації прийнято мінімальні втрати, мінімальний струм, мінімальна активна споживана потужність. Регульованим параметром є напруга, а у якості сигналу зворотного зв'язку використовується кутова швидкість.

**У четвертому розділі** проведено розробку та дослідження безконтактного вентильного електропривода з мінімальною апаратною надмірністю для ЕРК багатопільового АПА. Синтезовано математичну модель електрорушії АПА; розроблено електрорушій із мінімальною апаратною надмірністю: пропонується просте технічне рішення на основі безконтактного двигуна постійного струму (БДПС), яке виключає застосування проміжних обчислень координат, дорогого і складного енкодера. Очікується зниження вартості конструкції ЕРК при дрібносерійному виробництві, зниження масогабаритних показників плати керування, підвищення надійності конструкції за рахунок використання меншої кількості комплектуючих елементів.

**У п'ятому розділі** пропонується послідовність синтезу автоматизованої системи стабілізації курсу (АССК) АПА. Попередньо синтезовані математичні моделі системи електроруху АПА її маршового двигуна як об'єктів керування.

Удосконалено метод ідентифікації параметрів математичної моделі багатопільового АПА, що входить до складу АССК. При ідентифікації уточнюються параметри математичної моделі судна. Верифікацію результатів ідентифікації моделі проведено порівнянням результатів комп'ютерного експерименту «зігзаг 10-10» і відповідних результатів математичного моделювання. На основі отриманих моделей пропонується метод введення у АССК багатопільових АПА властивостей часткової інваріантності до вітро-хвильових збурень, де використається непряме визначення основного збурення, відхиляючого судно від заданого курсу.

**У шостому розділі** запропоновані методи підтримки прийняття рішень: а) при відборі організацій забезпечення технічного обслуговування і ремонту багатопільового АПА; б) при синтезі конструкцій ЕРК.

Метод відбору організацій для технічного обслуговування і ремонту багатопільового АПА ґрунтується на наступному. Обладнання багатопільового призначення обслуговується з дотриманням особливих вимог і обмежень. Завдання відбору при таких умовах «оптимального» постачальника послуг ТО і Р пропонується вирішувати на основі одночасного, аргументованого і зіставленого обліку усіх обраних для аналізу параметрів і характеристик постачальників. Для оцінки та співставлення різних можливих рішень пропонується використання фаззі-логіки.

При синтезі конструкцій ЕРК АПА використані методи рішення задач багатокритеріальної оптимізації, що передбачає наявність математичного забезпечення, яке включає основні етапи системного аналізу у класичному вигляді – етапи постановки, побудови і вирішення. На цій основі розроблено метод підтримки прийняття «компромісних рішень» при синтезі СТС різного призначення. Пропонується здійснювати синтез найбільш ефективною за декількома прийнятими особою, що приймає рішення (ОПР) параметрами і обмеженнями системи на основі інтегральних критеріїв якості і з використанням принципу Парето. За-

пропоновано не використати окремі виграшні ситуації, засновані на критеріях для ряду альтернативних варіантів, а оцінювати компромісні варіанти. Представлений метод підтримки прийняття рішень дозволяє вирішувати задачі синтезу складних систем різного призначення і знаходити варіант системи, непокращуваний («оптимальний») за кількома критеріями одночасно, але з незначним погіршенням інших. Є можливість автоматизувати отримання найкращих, із множини альтернативних варіантів, параметрів для будь-якої складної системи.

**У розділі 7** розроблено спеціалізований моделюючий комплекс (СМК) для проведення експериментальних досліджень ЕРК багатоцільових АПА.

Спеціалізований моделюючий стенд для дослідження ефективності ЕРК АПА, призначений для відпрацювання у лабораторних умовах різних алгоритмів і принципів керування, вимірювання енергетичних і динамічних характеристик ЕРК різного типу. Використання запропонованих і введених у експлуатацію дослідницько-лабораторних стендів дозволило підвищити ефективність процесу навчання судових фахівців і проводити широкий спектр споріднених досліджень.

Розроблено інформаційно-вимірювальне та програмно-апаратне забезпечення спеціалізованого комплексу для математичного і напівнатурного моделювання систем керування ЕРК різного типу. Використання при розробці перспективних та удосконаленні існуючих електрорушіїв, запропонованих концепцій синтезу конструкцій і систем керування ЕРК АПА, дозволяє оптимізувати, за різними критеріями, режими їх роботи, аргументовано оцінювати доцільність реалізації запропонованих теоретичних і практичних рішень.

Проведені дослідження просторового руху АПА. Результати дослідження показали, що похибка визначення упорів рушіїв в швартових режимах між імітаційною моделлю і роботою АПА в реальних умовах зменшується (менша 7%), а похибка у визначенні параметрів вертикального руху не перевищує 5%. Доведено, що розроблена модель просторового руху АПА адекватна фізичним процесам. Саме це дозволяє її використовувати для дослідження ефективності різних типів ЕРК АПА, при синтезі необхідних характеристик ЕРК.

Проведено експериментальні дослідження різних типів регуляторів у системі керування частотою обертання електрушієм постійного струму за допомогою СМК. Застосування фаззі-регуляторів дозволило звести перерегулювання майже до нуля і суттєво знизити час перехідного процесу.

За допомогою СМК досліджено систему енергозберігаючого керування вертикальним рухом АПА. Доведено, що фаззі-регулятори в системі керування вертикальним рухом АПА дозволяють у порівнянні з ПД-регулятором скоротити час перехідного процесу, зменшити переколювання та спожиту за перехідний період енергію. При синусоїдальному задавальному сигналі скоротити у два рази відставання від задаючого сигналу, зменшити на 13% спожиту за перехідний період енергію.

Також розроблено та досліджено АСК електрорушійями при горизонтальному прямолінійному русі АПА з різними типами регуляторів. Додатково проведені дослідження АСК на її робастність, які також підтверджують високу ефективність процесів керування АПА при його горизонтальному русі.

### **7. Оформлення дисертації та автореферату**

Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує їх добре сприйняття.

Оформлення дисертації проведено згідно вимог п. 10, п. 12, п. 14 «Порядку присудження наукових ступенів».

Автореферат обсягом 44 друкованих сторінки добре оформлений, написаний ясною науковою мовою, з використанням сучасної термінологічної бази. Оформлення автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам п. 13 «Порядку присудження наукових ступенів». Зміст автореферату повністю розкриває зміст основних наукових положень дисертаційної роботи.

Розсилка автореферату здійснена 18 березня 2021 року з розміщенням за адресою <https://duit.edu.ua/research-activities/specialized-scientific-councils/d-26-110-01/>.

### **8. Використання в докторській дисертації результатів наукових досліджень, на основі яких захищена кандидатська дисертація**

Результати наукових досліджень, за якими здобувачка захистила кандидатську дисертацію за темою «Совершенствование систем энергосберегающего управления асинхронным электроприводом» за спеціальністю 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи, не використовуються у матеріалах докторської дисертації здобувачки і не виносяться на її захист.

При загальній оцінці дисертаційної роботи, слід зазначити, що вона є завершеним і цілісним кваліфікаційним дослідженням з чіткою структурою і логічним викладом матеріалу.

Зміст дисертації узагальнює опубліковані дослідження здобувачки.

### **9. Зауваження**

1. Під час аналізу літературних джерел (напр. стор. 49) автор стверджує, що існуючі способи комплектації неефективні, але не розкриває критерії ефективності, на яких ґрунтується таке твердження.

2. У формалізованій логічній схемі алгоритму (ЛСА) (формула 1.8 на стор. 57) порушено послідовність процесу опису дисертаційного дослідження, коли головне завдання стоїть перед головною метою. Опис деяких рисунків має помилки, наприклад, рис. 7.18 має однакові змінні на різних графіках, а самі змінні не описані у тексті. Рисунки 2.5-2.10 не мають опису і не зрозуміло з чого виходять. Все це погіршує сприйняття роботи у цілому.

3. Зазначається, що практична цінність дослідження полягає у тому, що отримані у дисертації основні результати можуть використовуватися при визначенні загальної архітектури ЕРК АПА, які гарантують їх високу експлуатаційну ефективність, у тому числі – при експлуатації АПА у складних умовах плавання. Не ясно, про які саме складні умови плавання йдеться мова, який їх вплив на роботу ЕРК та яким чином вирішується завдання підвищення ефективності у цьому випадку?

4. У таблиці 2.1 наведені параметри АПА. Не ясно, за якими критеріями вони обрані.

5. На стор. 119 вказано, що «..При синтезі ЕРК АПА запропоновано використовувати оптимізацію локальних систем на основі принципів підпорядкованої набудови координат: «технічний оптимум» (Beitrag Optimum) і «симетричний оптимум»...», але незрозуміла фраза «підпорядкованої набудови координат» відносно ЕРК. В дисертації неодноразово згадуються терміни «технічний оптимум» (Beitrag Optimum) і «симетричний оптимум», але відсутній, навіть скорочений, їх опис.

6. Рисунок 3.9 дуже схожий з рисунком 3.3, а. В обох випадках використовується Т-образна схема заміщення. Достатньо надати одну схему, а у іншому місці тільки надати посилання на неї, та відповідно неї описати змінні.

7. На рис. 2.9 наведена загальна система синтезу процесів керування багатопільовими АПА, де пропонується використання у ЕРК АПА систем перетворення енергії типу DC-DC, DC-1AC, DC-3AC, Uvar, fvar тощо. Не зрозуміло, як, наприклад пропонується використати трифазну систему живлення ЕРК у автономному апараті.

8. На сторінці 38 вказано, що у роботі розглядаються малогабаритні безпілотні автономні плавальні апарата та зазначені його характеристики - дедвейт до 500 кг і радіусом дії до 10 км, але не вказано джерела таких даних. Також, у аналізі сучасного стану АПА використовуються посилання на апарати більшого розміру та радіусу дії.

9. На сторінці 263 вказано, що «Для верифікації результатів теоретичних досліджень експериментами, уточнення математичних моделей систем управління електрорушійними АПА, проведено метрологічну атестацію розробленого навчально-дослідницького лабораторного засобу «Стенд випробувальний СВ-1»...», але кількість параметрів, за якими було зроблено метрологічну атестацію дуже обмежена. Також треба вказати за якими критеріями потрібно було проводити атестацію, які данні можуть вплинути на достовірність отриманих результатів.

10. У сьомому розділі описано розробку навчально-дослідницького засобу, але зазначений у ньому інструментарій має вік розробок більше 15 років. Не вказано чи можлива модернізація даного дослідницького засобу. Слід підкреслити, що сучасна електронно-цифрова (програмна і апаратна) база дозволяє виконувати дослідження для більшої кількості вимірювальних параметрів та з більшою точністю.

11. У виводах 4 до розділу 7 вказано про використання нечіткої логіки у АСК вертикального маршового рушій АПА, але не вказано яким чином налагоджувався регулятор. Слід зазначити, що використання типового, але правильно налагодженого ПД-регулятора задовольняє звичайні потреби системи керування ЕРК.

Зазначені зауваження ніякою мірою не знижують наукову значущість дисертаційної роботи.

### 10. Висновок

Дисертація є закінченою кваліфікаційною роботою, що виконана на високому науковому рівні із використанням сучасних засобів ведення наукових досліджень. Представлені результати є науково обґрунтованими, мають наукову новизну і практичне значення. Робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, зокрема, за пунктом «Створення наукових основ і методів розрахунку параметрів та управління ресурсом, надійністю й технічним станом засобів транспорту, розроблення методів підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту та їх функціональних систем, обладнання й засобів забезпечення їх працездатності».

Актуальність теми, ступінь обґрунтованості, достовірність і новизна наукових положень, висновків та рекомендацій дають підстави стверджувати, що дисертаційне дослідження Волянської Я. Б. відповідає вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а також вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14, 15 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (із змінами, внесеними постановами КМУ № 656 від 19.08.2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р., № 567 від 27.07.2016 р.) та паспорту спеціальності 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Вважаю, що Волянська Яна Богданівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,  
професор, професор кафедри телекомунікаційних  
та радіоелектронних систем  
Національного авіаційного університету

 I. O. Machalin

*Професор з  
кафедри радіоелектронних систем  
Ірина Я. Бончук*

