

4. Scott A. B. Planning Inferior Oblique Muscle Surgery. [Текст] / A. B. Scott, R. Reinecke, D. Strabismus. New York, San Francisco, London: Grune&Stratton, 1978. 347-354.
5. Комп'ютерна модель ока. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.bausch-pharma.ru/dry_eye/f1/flash1.htm.
6. Фізична модель ока. (P. Gregory, Biology Laboratory Specialist at Tyler Junior College) – [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://science.tjc.edu/images/eye&ear/eye_models.htm.
7. Фізична модель ока. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.e-import.ru/index.php?page=430>.
8. Комп'ютерна модель ока. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.3dcenter.ru/tutors/read.php?name=maya&articlealias=eye>.
9. Спеціалізована програма See++ – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.see-kid.at/en/seekid/features/modeltypes>.
10. Отношение мышц глаза к структурам глазницы – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://optika24.com.ua/?p=360>.
11. SEE++ (2005) Critique – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.eidactics.com/Eidactics-branch/Products/Orbit1.8/SEE-Critique.php>.
12. Пат. № 37269 Україна, МПК А61В 3/00. Спосіб розрахунку координат об'єктів на поверхні очного яблука / Д. В. Кухаренко, В. О. Мосьпан, В. І. Ємченко; заявник та патентовласник Кухаренко Дмитро Володимирович. – № u200806807; заявл. 19.05.2008; опубл. 25.11.2008. Бюл. № 22.
13. Пат. № 80907 Україна, МПК А61В 3/00. Спосіб розрахунку моментів сил окоорухових м'язів на поверхні моделі очного яблука / Д. В. Кухаренко, В.І.Ємченко, Н. Г. Кирилаха; заявник та патентовласник Кухаренко Дмитро Володимирович. – № u201300461; заявл. 14.01.2013; опубл. 10.06.2013. Бюл. № 11.

Наведено структуру та конструктивні особливості типової прив'язної підводної системи. Показано необхідність створення прив'язних підводних систем багатоцільового призначення. Розроблено концепцію створення багатоцільових прив'язних підводних систем, яка дає змогу оперативно виконувати їх модифікацію на стадіях проектування та експлуатації. Запропоновано модульну структуру прив'язної підводної системи з централізованим інформаційним обміном для реалізації розробленої концепції

Ключові слова: концепція, прив'язна підводна система, модульність, централізований інформаційний обмін

Приведена структура и конструктивные особенности типовой привязной подводной системы. Показана необходимость создания привязных подводных систем многоцелевого назначения. Разработана концепция создания многоцелевых привязных подводных систем, которая позволяет оперативно модифицировать их на стадиях проектирования и эксплуатации. Предложена модульная структура привязной подводной системы с централизованным информационным обменом для реализации разработанной концепции

Ключевые слова: концепция, привязная подводная система, модульность, централизованный информационный обмен

УДК 629.584

КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ПРИВ'ЯЗНИХ ПІДВОДНИХ СИСТЕМ З ЦЕНТРАЛІЗОВАНИМ ІНФОРМАЦІЙНИМ ОБМІНОМ

О. В. Блінцов

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра імпульсних процесів і технологій
Національний університет кораблебудування
ім. адмірала Макарова
Пр. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв,
Україна, 54025
E-mail: energybox@mail.ru

1. Вступ

Прив'язні підводні системи (ППС) на цей час є незамінними технічними засобами, які широко застосовуються для виконання підводних задач, де залучення

людини недоцільне або неможливе [1, 2]. Сучасні ППС потребують оснащення багатофункціональними самостійними підводними апаратами-роботами (ПАР), які були б спроможні виконувати певний перелік задач завдяки використанню шасі типових конструкцій (само-

хідних, буксированих, донних та ін.) та низки змінного навісного обладнання.

Розвиток таких підходів до проектування ППС з ПАР багатоцільового призначення в останні роки є актуальним і набуває невідкладної необхідності [3, 4], оскільки коло підводних задач постійно збільшується, а утримувати чималий парк ППС для виконання кожної з них недоцільно, зокрема тому, що це викликає необхідність утримувати також і певну кількість суден-носіїв (СН) з їх екіпажами. Крім того, актуальною задачею є реалізація можливості в режимі реального часу передавати інформацію замовнику робіт, який може розташовуватись за межами СН, в тому числі на береговому посту спостереження або навіть в іншій державі.

2. Постановка проблеми

Для того, щоб задовольнити зростаючі потреби ринку підводних робіт, вбачаються три напрямки розвитку ППС:

- створення ППС з ПАР багатоцільового призначення;
- створення мобільних ППС, кожна з яких реалізує певну підводну технологію і може бути оперативно встановлена на СН, яке є в наявності;
- створення ППС, які об'єднують два попередніх напрямки: конфігурація ПАР повинна мати можливість швидкого переобладнання для інших задач, ППС у цілому повинна легко демонтуватись та встановлюватись на інший носій, крім того, пост енергетики і керування (ПЕК) прив'язної системи має без ускладнень адаптуватись до СН.

Останній напрямок є найбільш перспективним, але основна проблема його реалізації полягає в організації централізованого інформаційного обміну між ПЕК та ПАР, обробці інформації та виведення її на монітори операторів та керівника ППС у зручному, зрозумілому форматі, а також у документуванні всіх даних, що циркулюють у ППС в процесі виконання підводної роботи та надання їх замовнику робіт в режимі реального часу. Крім того, все обладнання ПАР необхідно інтегрувати в централізовану систему інформаційного обміну (ЦСЮ), а для цього пристрої ЦСЮ повинні мати відповідні цифрові порти вводу/виводу інформації. ПАР може обладнуватись пристроями, порти вводу/виводу яких можуть бути як стандартизовані так і нестандартними і ЦСЮ повинна забезпечувати можливість підключення такого обладнання.

3. Аналіз досліджень та публікацій

Сучасні цифрові технології передачі та обробки інформації досить розвинені та продовжують стрімкий розвиток і є перспективними при застосуванні в підводній робототехніці [5 – 7]. Але навіть світові лідери по виробництву підводно-технічних пристроїв використовують цифровий формат в парі з аналоговим, зокрема це стосується підводних відеокамер та приладів гідроакустики, що ускладнює централізацію інформаційного обміну і обмежує функціональність певних ПАР.

Аналіз науково-технічної літератури останніх років [8, 9] свідчить, що відомості про залучення означених підходів до проектування ППС в Україні та Російській Федерації відсутні. Зарубіжна наука також пропонує тільки часткові розв'язки поставленої проблеми [10].

4. Формулювання цілей статті

Мета роботи – розробка концепції створення багатоцільових прив'язних підводних систем з можливістю оперативної модифікації проектів та кінцевих виробів на базі централізованого інформаційного обміну між підводним апаратом і постом енергетики й керування.

5. Конструктивні особливості сучасних ППС

Типова ППС складається з ПАР, поста енергетики і керування (ПЕК), кабель-троса (КТ) та кабельної лебідки (КЛ) і використовується зазвичай з судна-носія (СН). Розглянемо структуру такої ППС з інформаційним обміном за типовою схемою та її особливості. За зразок візьмемо ППС на базі ПАР «Інспектор» виробництва Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

- До базових складових такого ПАР входять (рис. 1):
- рушійний комплекс (РК) з двома рушійними пристроями (РП) маршового ходу та одним вертикальним РП;
 - відеокомплекс, який містить підводну відеокамеру та світильники точкового та розсіяного освітлення;
 - несуча рама з блоком плавучості та привантажувачами;
 - міцні корпуси з бортовою СІО та силовою і слабо точною електронікою.

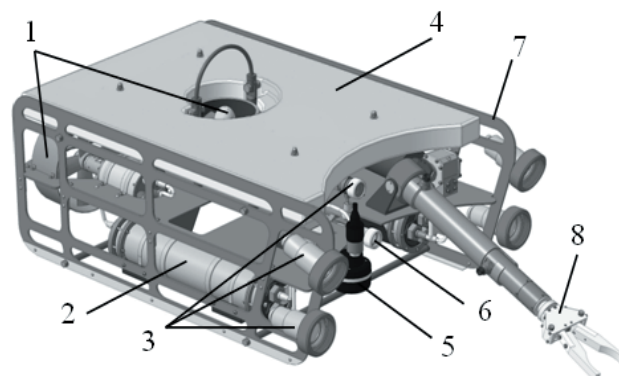


Рис. 1. Підводний апарат-робот серії «Інспектор»: 1 – рушійний комплекс, 2 – бортова СІО в міцному корпусі, 3 – світильники, 4 – блок плавучості, 5 – сонар, 6 – відеокамера, 7 – несуча рама, 8 – маніпулятор

Складовими додаткового обладнання є маніпулятор з відеокамерою та гідролокатор кругового огляду.

Інформаційний обмін виконується по КТ, який містить чотири звіти пари електричних проводів. Керування рушійним комплексом ПАР виконується в цифровому форматі (протокол CAN, RS-485 або ін.) і для цього залучається окрема звита пара КТ – звита

пара №1. Крім цього, оскільки об'єм даних невеликий (у межах декількох десятків кБ/с), то по цьому каналу керуються також інші механізми базового обладнання ПАР (вимикачі світильників, привод відеокамери тощо), а також отримується інформація від сенсорів глибини, температури та ін.

Для керування або отримання даних з пристроїв, які не входять до базового обладнання ПАР необхідно використовувати іншу звиту пару електричних проводів – звиту пару №2. Так, наприклад, якщо ПАР обладнується маніпулятором власного виробництва, то для керування ним по звитій парі №1 необхідно модифікувати програмну частину контролера, який відповідає за інформаційний обмін, що викликає відповідні складнощі та трудові витрати. А якщо використовується обладнання стороннього виробника, наприклад, гідролокатор кругового огляду, то взагалі неможливо організувати інформаційний обмін з ним по звитій парі №1 без відомостей про формат інформаційного обміну. Таким чином, скільки одиниць додаткового обладнання вбачається використовувати, стільки ж додаткових інформаційних жил необхідно передбачити в КТ, що збільшує його сумарний діаметр і тим самим погіршує його гідродинамічні характеристики.

В ППС з ПАР «Інспектор» керування маніпулятором виконується по звитій парі №1, інформаційний обмін з гідролокатором – по звитій парі №2, відеосигнали основної відеокамери та відеокамери маніпулятора – відповідно по звитих парах №3 і №4 в аналоговому форматі (за допомогою спеціалізованих конверторів). На цьому можливість по використанню додаткового обладнання на ПАР «Інспектор» вичерпуються. А встановлення додаткових відеокамер (кормової та бокової) взагалі неможливе.

Також слід враховувати, що додаткове обладнання може встановлюватись не тільки на ПАР, а і на ПЕК: монітори для відображення відео- та телеметричної інформації спостерігачам (а не тільки операторам ПАР), система навігації ПЕК, прилади голосового зв'язку операторів ПАР з палубною командою та рульовим СН, палубні відеокамери та ін.

Структуру такої ППС зображено на рис. 2.

Як бачимо, навіть узагальнена структура досить насичена зв'язками, які ускладнюють проектування та експлуатацію такої ППС. Крім того, дані не від всіх

елементів ППС документуються, так, наприклад, GPS-навігатор та компас, що використовуються в складі ПЕК ПАР «Інспектор», взагалі не під'єднані до пристроїв документування, оскільки ПЕК не має відповідних інтерфейсів.

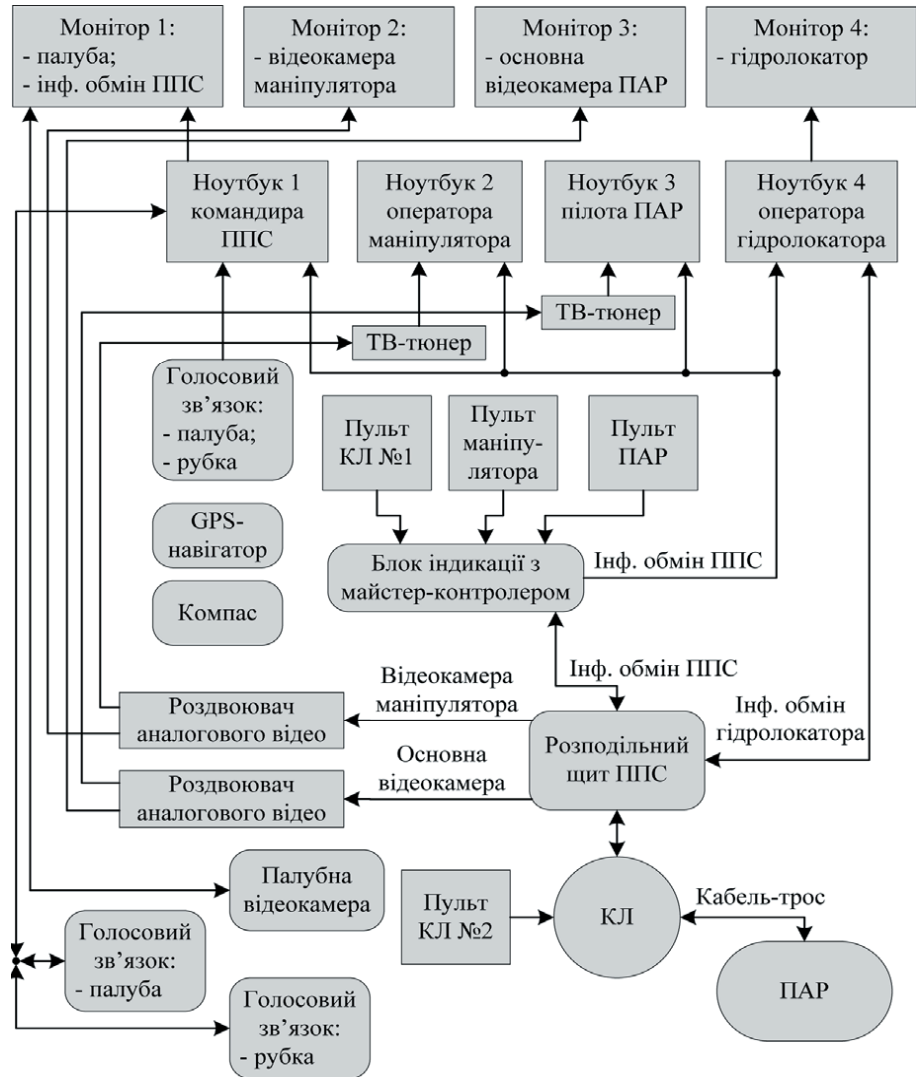


Рис. 2. Складові ПЕК ППС на базі ПАР «Інспектор»

6. Розробка концепції створення багатоцільових ППС з централізованим інформаційним обміном та модульною структурою

Розглянемо розв'язок означених проблем з позицій застосування централізованого інформаційного обміну між підводним апаратом та його постом енергетики і керування.

Аналіз показує, що в узагальненому випадку в конструкції майже всіх ППС можна виділити такі логічні модулі [11]:

- виконавчі механізми та сенсори, які розташовуються на ПАР;
- пристрої керування та індикації, які розташовуються на ПЕК;
- пристрої документування, які можуть розташовуватись на ПЕК (головний) та ПАР (додатковий).

Виконавчі механізми дають змогу взаємодіяти ПАР з навколишнім середовищем та підводними об'єктами – це в першу чергу рушійний комплекс та маніпулятор.

Сенсори розділяються на навігаційні, діагностичні та технологічні. Навігаційні сенсори необхідні для оперативного керування ПАР, діагностичні сенсори необхідні для моніторингу стану вузлів та механізмів ПАР та попередження нештатних ситуацій та виходу з ладу обладнання, технологічні сенсори необхідні для виконання поставленої задачі.

Пристрої керування та індикації забезпечують зв'язок між людиною-оператором та ППС. Індикація забезпечується, зазвичай, одним або декількома моніторами, а в якості пристроїв керування використовуються джойстики, кнопці панелі та інші маніпуляційні пристрої.

Пристрій документування зазвичай представляє собою цифровий накопичувач великого об'єму.

Все різноманіття обладнання, яке встановлюється на ПАР або ПЕК можна класифікувати за вказаними логічними модулями. Слід зазначити, що зазвичай пристрої, які використовуються на ПАР, можуть об'єднувати декілька логічних модулів в одному виробі. Так, комп'ютер типу «ноутбук» є і пристроєм індикації, і пристроєм керування, а рушійний пристрій (РП) об'єднує в собі виконавчий механізм з сенсорами, оскільки до його складу входить керуючий модуль, який відсилає на ПЕК діагностичну інформацію (струм, напругу живлення електродвигуна, температуру силового модуля та ін.).

Ядром ППС, яка проектується з використанням принципів модульності конструкції, має бути ЦСІО, яка складається з системи інформаційного обміну (СІО) поста керування та бортової СІО ПАР (рис. 3) [12].

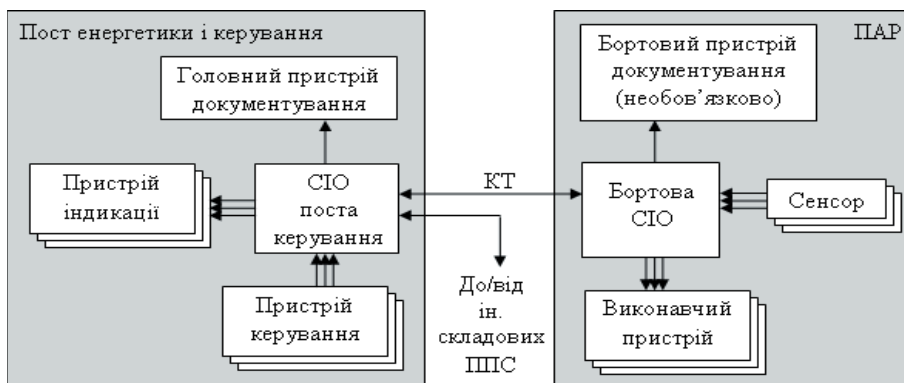


Рис. 3. Модульна структура ППС з ЦСІО

Правильно організований інформаційний обмін повинен забезпечувати високу пропускну здатність для цифрових сигналів та здійснюватись за допомогою спільного провідника для всіх елементів ПАР. Останній фактор є вирішальним при проектуванні багатоцільової ППС.

Крім того, спільний швидкісний цифровий канал не потребує багатожильних КТ великого діаметру, за рахунок чого збільшується робоча зона та покращується керуваність ПАР [13].

Проектувати ЦСІО пропонується на базі сучасних мережевих технологій, які широко застосовуються в комп'ютерній техніці. Комп'ютерні мережі, організовані з використанням технології Ethernet, забезпечують високі швидкості інформаційного обміну від 10МБіт до 1ГБіт та більше. Сучасне 100-мегабітне обладнання широко доступне у вільному продажу і потребує використання чотирьох електричних провідників у вигляді двох звитих пар у складі КТ. Такої швидкості цілком достатньо для інформаційного забезпечення не тільки приладів навігації та телеметрії, а і для передавання зображення з декількох відеокамер FullHD-якості, тобто достатньо для малогабаритних інспекційних та деяких робочих ПАР.

Для більш складних ППС можливо використовувати гігабітний Ethernet, проте в цьому випадку кількість необхідних електричних провідників КТ збільшується вдвічі. Крім того, провідний Ethernet обмежує довжину КТ до 100 м. Тому для збільшення робочої зони ПАР необхідно проектувати багатоланкову ППС або використовувати оптоволоконні КТ. Використання оптоволоконних КТ забезпечує багатократний запас по пропускну здатності цифрового сигналу і знижує гідродинамічний опір КТ за рахунок зменшення його діаметру у порівнянні з КТ на основі звитих пар.

Систему інформаційного обміну поста керування пропонується будувати на базі маршрутизатора та персонального комп'ютера з типовою операційною системою та набором засобів введення-виведення та накопичення інформації. В якості пристроїв керування пропонується використовувати ігрові або професійні маніпулятори типу «джойстик», «геймпад» та ін., у якості пристроїв індикації – монітор комп'ютера та звукову карту з динаміками, у якості головного пристрою документування – жорсткий диск комп'ютера. Сучасні комп'ютери обладнані універсальними

портами введення/виведення інформації, до яких можна під'єднати додаткове обладнання: систему навігації судна-носія, керовану кабельну лебідку та інше обладнання. За необхідністю до складу поста керування додаються комп'ютерні комплекси цілком шляхом їх підключення до маршрутизатора.

Для бортової СІО необов'язково використовувати маршрутизатор, достатньо встановити типовий комутатор для під'єднання до комп'ютерної мережі ППС обладнання ПАР: бортового

комп'ютера, IP-відеокамер та іншого обладнання з Ethernet-інтерфейсом. Задача бортового комп'ютера в цьому випадку зводиться до керування виконавчими пристроями та зчитування інформації від сенсорів, які мають аналоговий інтерфейс, або цифровий інтерфейс, відмінний від Ethernet.

В результаті отримуємо розвинену локальну комп'ютерну мережу, кожна складова якої виконує свою задачу і взаємодіє з іншими складовими ППС. При цьому забезпечуються широкі можливості по

під'єднанню до системи як окремих елементів, так і комплексних систем без необхідності внесення кардинальних змін в апаратне забезпечення базових компонентів ППС.

Крім функціональної гнучкості, застосування запропонованої концепції створення ППС дає змогу інтегрувати сучасні системи автоматичного керування, виконувати повне документування інформації, яка утворюється на ППС, реалізовувати, дистанційне та мультиагентне керування ППС, застосовувати супутникові та мережецентричні технології, розробляти, встановлювати на ПАР, тестувати та експлуатувати прототипи новітнього начинного спеціалізованого обладнання.

7. Висновки

1. На основі принципів модульності та централізації інформаційного обміну між самохідним підводним апаратом і його постом енергетики й керування розроблено концепцію створення багатоцільових прив'язних підводних систем, яка дає змогу оперативно виконувати їх модифікацію на стадіях проектування та експлуатації.

2. На основі сучасних засобів обробки та передавання цифрової інформації запропоновано модульну структуру прив'язної підводної системи з централізованою системою інформаційного обміну для реалізації розробленої концепції.

Література

1. Блинцов, В. С. Привязные подводные системы [Текст] / В. С. Блинцов. – К.: Наукова думка, 1998. – 232 с.
2. Christ, R. The ROV Manual: A User Guide for Observation Class Remotely Operated Vehicles [Text] / R. D. Christ, R. L. Wernli Sr. – Elsevier, 2007. – 308 p.
3. Antonelli, G. Underwater Robots: motion and force control of vehicle-manipulator systems [Text] / G. Antonelli. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 283 p.
4. Блінцов, В. С. Сучасні задачі автоматизації керування самохідними прив'язними підводними системами з начинним обладнанням [Текст] / В. С. Блінцов, В. А. Надточій // Збірник наукових праць НУК. – 2012. – №2. – С. 79-83.
5. Ваулин, Ю. В. Применение ОС QNX в подводной робототехнике [Текст] / Ю. В. Ваулин, А. В. Инзарцев // Современные технологии автоматизации. – 2002. – №3. – С. 66-71.
6. Инзарцев, А. В. Бортовые вычислительные сети автономных подводных роботов [Текст] / А. В. Инзарцев, О. Ю. Львов // Современные технологии автоматизации. – 2005. – №2. – С. 68-74.
7. Chitode, J. S. Digital Communications [Text] / J. S. Chitode. – Technical Publications, 2009. – 667 p.
8. Блинцов, В. С. Современные проблемы создания электрооборудования и автоматики подводных аппаратов / В. С. Блинцов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – №5 (24). – С. 90-98.
9. Ляхов, Д. Г. Современные задачи морской робототехники / Д. Г. Ляхов // Подводные исследования и робототехника. – 2012. – №1(13). – С. 15-23.
10. Moore, S. Underwater Robotics: Science, Design & Fabrication [Text] / S. W. Moore, H. Bohm, V. Jensen. – Publisher: Marine Advanced Technology Education (MATE) Center, 2010. – 770 p.
11. Блінцов, О. В. Модульна структура підводного апарата-робота багатоцільового призначення [Текст]: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю / О. В. Блінцов // Підводна техніка і технологія. – Миколаїв: НУК, 2013. – С. 53-56.
12. Блінцов, О. В. Прив'язна підводна система з централізованим інформаційним обміном [Текст]: зб. доп. / О. В. Блінцов // VIII міжнародна науково-технічна конференція «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки». – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – У 4 ч. Ч. III. – С. 12-19.
13. Блінцов, О. В. Синтез залежності між силою гідродинамічного опору та діаметром кабель-троса підводного апарата-робота [Текст] / О. В. Блінцов, О. М. Киризиук // Збірник наукових праць НУК. – 2009. – №6(429). – С. 55-61.