

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

IX Міжнародної науково-технічної конференції «ДАТЧИКИ, ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ – 2021», присвяченої пам'яті професора Шарапова В.М.

Головний редактор - к.т.н., професор Бондаренко Ю.Ю.
Відповідальний за випуск - к.т.н. Білокінь С.О.

Редакційна колегія:

Cristian Barz - Assoc. Prof., Eng. PhD, Technical University of Cluj-Napoca, North University Center of Baza Mare Technical University of Cluj-Napoca, Baza Mare, Romania

Mykhailo Pashechko - Doctor of Technical Sciences, Professor, Lublin University of Technology, Lublin, Poland

Аксьонов В.В. – ЧНДЕКЦ МВС України, Черкаси

Алпатов А.П. – д.т.н., професор, член-кор.

НАНУ, ІТМ НАНУ та НКАУ, Дніпро

Антонюк В.С. – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», Київ

Бондаренко М.О. – д.т.н., доцент, ЧДТУ, Черкаси

Броварець О.О. – к.т.н., доцент, ККІБП, Київ

Гальченко В.Я. – д.т.н., професор, ЧДТУ, Черкаси

Гогунський В.Д. – д.т.н., професор, ДУ «ОП», Одеса

Гордієнко В.І. – д.т.н., с.н.с., ЧДТУ, Черкаси

Єременко В.С. – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», Київ

Квасніков В.П. – д.т.н., професор, НАУ, Київ

Кветний Р.Н. – д.т.н., професор, ВНТУ, Вінниця

Кошовий М.Д. – д.т.н., професор, НАКУ «ХАІ», Харків

Кучук Г.А. - д.т.н., професор, НТУ «ХПІ», Харків

Можасєв О.О. – д.т.н., професор, ХНУВС, Харків

Мусієнко М.П. – д.т.н., професор, ЧНУ

ім. П.Могили, Николаїв

Ропяк Л.Я. - д.т.н., професор, ІФНТУНГ, Івано-Франківськ

Рудницький В.М. – д.т.н., професор, ЧДТУ, Черкаси

Семенов С.Г. – д.т.н., професор, НТУ «ХПІ», Харків

Смірнов О.А. – д.т.н., професор, ЦНТУ, Кропивницький

Ситніков В.С. - д.т.н., професор, ДУ «ОП», Одеса

Становський О.Л. – д.т.н., професор, ДУ «ОП», Одеса

Стрілецький Ю.Й. - д.т.н., професор, ІФНТУНГ, Івано-Франківськ

Тимчик Г.С. – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ», Київ

Халявко В.В. - ЧНДЕКЦ МВС України, Черкаси

Чижик С.А. – д.т.н., професор, НАНБ, Мінськ

Шостак І.В. - д.т.н., професор, НАКУ «ХАІ», Харків

У НОМЕРІ:

☐ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

☐ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ
ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ,
ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ
РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

☐ КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

☐ МІКРО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ
У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

☐ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
У ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

☐ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА
ТЕХНІКА ТА СИСТЕМИ
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

☐ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
У МЕДИЧНОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ

☐ ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА
МАРКЕТИНГ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

☐ ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ
ТЕХНОЛОГІЙ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ
ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

АДРЕСА ОРГКОМІТЕТУ:

Україна, 18006, м. Черкаси, бул.Шевченка, 460,
ЧДТУ, кафедра ПМКТ
оргкомітет
МНТК "Датчики, прилади та системи - 2021"

Збірник праць МНТК «Датчики, прилади та системи – 2021», Черкаси – Херсон - Лазурне, вересень 2021.

Мета конференції: зустріч науковців в областях точного приладобудування, мікро- та наноелектроніки, наноінженерії, фахівців з проектування та конструювання датчиків, приладів та систем, а також фахівців з проведення експертних досліджень для обміну ідеями, обговорення тенденцій та перспектив розвитку науки, профільних та суміжних галузей, встановлення контактів.

Статті друкуються в авторській редакції.

Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір та точність наведених фактів і цитат, економіко-статистичних та технічних даних, власних імен та інших поданих відомостей.

Редколегія не несе відповідальності за достовірність поданого матеріалу, проте залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали з метою кращого подання читачам.

При повному або частковому передрукуванні матеріалів посилання на збірник праць конференції є обов'язковим.

Жуков Ю.Д., д.т.н., професор,
завідувач кафедри морського приладобудування факультету морської інфраструктури
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
e-mail: Yuriy.zhukov@nuos.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7454-8007

Зівенко О.В., к.т.н., доцент
доцент кафедри морського приладобудування факультету морської інфраструктури
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
e-mail: oleksii.zivenko@nuos.edu.ua, ORCID 0000-0002-1539-8360

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС АУТОНОМНОГО ДНОПОГЛИБЛЮВАЛЬНОГО СУДНА

Abstract. *Basic concept of the measurement complex for autonomous underwater dredger is given. Selection recommendations for measurement instrumentation are given.*

Key Words: *autonomous maintenance dredger, underwater dredger, sediment removal, measurement & control system, dredging efficiency.*

Гостра необхідність у днопоглибленні існує на внутрішніх водних шляхах у всьому світі. Про це свідчить зростання загальної кількості дреджерів (або «земснарядів» - суден для виїмки ґрунту з донної поверхні) за останні роки [1]. Актуальним завданням є підвищення ефективності процесу днопоглиблення яке залежить від багатьох факторів. Зокрема, ефективність днопоглиблення напряму залежить від технології (обирається за типом ґрунту та за глибиною поглиблення), архітектури і особливостей земснарядів. Найбільш розповсюдженим типом дреджерів є земснаряди із фрезерним розпушувачем (Trailing Suction Hopper Dredger) середньої та малої потужності за кількістю ґрунту що відбирається.

Підвищення ефективності днопоглиблення може також відбуватися за рахунок використання оптимізованої архітектури та принципів побудови земснарядів. Так у [2] наведено розрахунки, що свідчать про більш високу економічну ефективність підводного дреджеру. Концепція побудови підводного дреджеру виглядає більш цікавою, оскільки має декілька беззаперечних переваг. Наприклад, вища енергоефективність за рахунок оптимізації обводів корпусу та зменшення гідравлічного опору, зменшення впливу збурень – хвиль та вітру, менша довжина пульпопроводу що зумовлює меншу потужність pomp, можливість автономної роботи без екіпажу тощо. Однак, досягнення таких результатів неможливе без системи управління, яка повинна використовувати вимірювальну інформацію від сенсорів та вимірювальних систем, що дають дані про оточення та характеристики об'єкту управління. Метою даної роботи є розробка інформаційно-вимірювального комплексу та рекомендацій щодо підбору вимірювальних засобів для використання на земснаряді.

Автоматизована система повинна забезпечувати достатній рівень стабільності і плавучості протягом усіх операцій, що потребує значний обсяги інформації як про стан обладнання дреджеру (стан засувки, насосів, роботу двигунів), так і про обсяги та розподіл баласту/вантажу, інформацію про просторове положення дреджеру, моменти вигину тощо, оточення та динаміку зміни зазначених параметрів. Оскільки земснаряд повинен бути безпілотним (unmanned), до обладнання виставляються більш жорсткі вимоги щодо надійності та якості роботи. За відсутності команди, будь-який вихід з ладу обладнання, збій у роботі можуть призвести до катастрофи. Проектування систем повинно виконуватися із врахуванням того, що операції заміни будь-якого модулю або вимірювального засобу повинна бути зручною, не вимагати багато часу на обслуговування, налагодження тощо (модульність та зручність). У вказаних умовах підвищення надійності і якості роботи систем досягається комплексування інформації із різних джерел, використанням

відповідних алгоритмів для самодіагностики, аналізу та використанням багаторазового резервування критичних підсистем або елементів систем.

Найбільшу увагу з точки зору складності управління морським рухомим об'єктом такого типу необхідно приділити точному вимірюванню параметрів орієнтації у просторі, вимірюванню крену, диференту для управління плавучістю, ґрунтозабірним механізмом, помпами та рухом об'єкту в цілому. Структуру запропонованого вимірювального комплексу та додаткових опцій автономного підводного дреджера наведено на рис. 1.

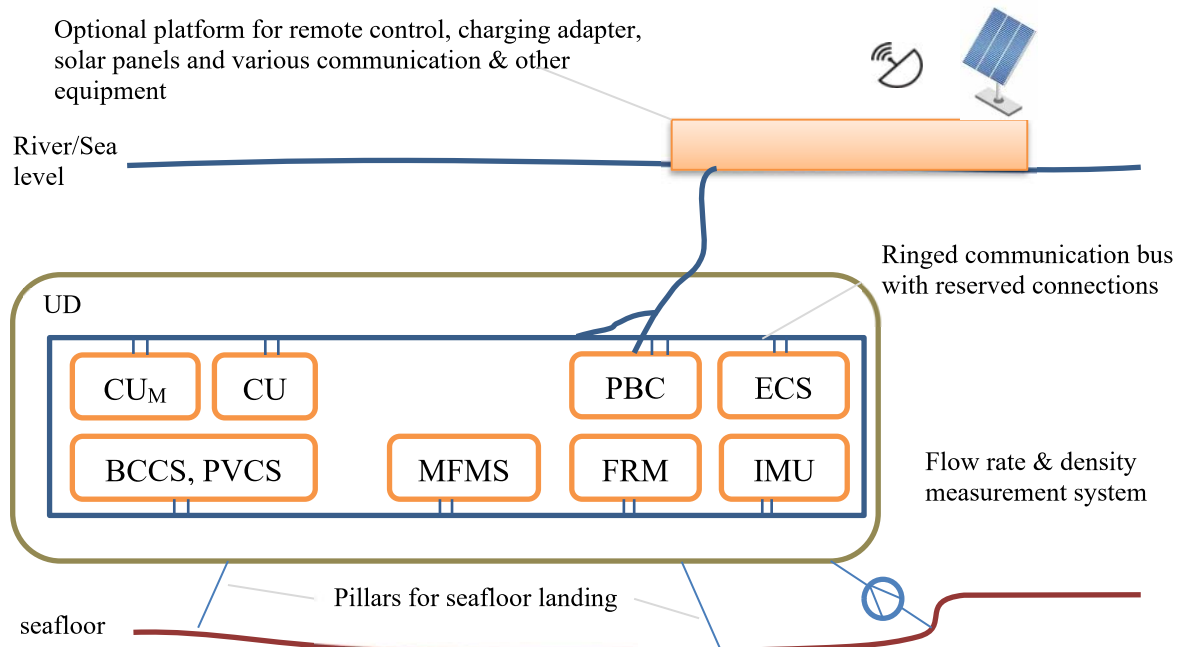


Рисунок 1 – Структура інформаційно-вимірювального комплексу автономного підводного земснаряду

Комплекс містить наступні елементи: головний CU_M та дублюючий CU_R контролери управління (Main & Reserve Control Unit), що виконують збір усіх інформативних параметрів та загальне управління дреджером; BCCS, PVCS – підсистема контролю баласту та вантажних танків підводного земснаряду (Ballast & Cargo Control System, Pump & Valves Control System); IMU – модуль безплатформенної інерціальної навігаційної системи (Inertial Measurement Unit); MFMS – підсистема вимірювання параметрів магнітного поля (Magnetic Field Measurement System); FRMS – підсистема вимірювання миттєвої витрати та густини суміші (Flow Rate Measurement System); PBCS – підсистема контролю та управління живленням обладнання дреджера (струм, що споживаються, рівень заряду акумуляторів живлення і т. ін.); ECS – підсистема контролю оточення (Environment Control Subsystem).

Підсистема контролю баласту та вантажних танків безперервно вимірює рівні баласту/вантажу, параметри роботи насосів та/або компресорів, використовується для автоматичного утримання заданого положення судна за рахунок розподілу баласту і вантажу, відповідного управління насосами та засувками. В якості надійних сенсорів для контролю рівнів можуть виступати датчики тиску, ультразвукові або хвильовідні рівнеміри, як, наприклад, у системі КСУ БСД «САДКО-ДОК» для управління доковими операціями [3-5]. Підсистема також використовується для прогнозування часу виконання операцій [6]. Для підвищення інформативності та ефективного управління процесом відбору ґрунту, прогнозування часу завантаження танків використовується витратомір із можливістю вимірювання густини піщано-водної суміші, наприклад [7]. БІНС у комплексі із магнітометричним вимірювачем, приймачами сигналів систем глобального позиціонування GPS/Galileo/Glonass та вимірювачем швидкості руху повинна надавати інформацію про кути крену, диференту, курс, координати, та швидкості зміни цих параметрів. У випадку використання судна забезпечення або платформи може використовуватися гідроакустична

система позиціювання із високою швидкістю обчислення та можливістю відстеження пов'язаного обладнання [8]. Система контролю оточення повинна відслідковувати відстані до оточення, профілювати поверхню дна та зону розробки земснаряду. В якості датчиків системи можуть використовуватися багатопроменеві сонари та лідари для підводного використання [9,10], контактні датчики (тензо або кінцеві вимикачі) – зокрема для контролю посадки земснаряду на дно. На думку авторів більш перспективним з точки зору енергоефективності є надання можливості відбору ґрунту із використанням додаткових опор (посадки на дно).

Висновки. Наведено загальну структуру інформаційно-вимірювального комплексу підводного земснаряду. Засоби вимірювання та розрахунку комплексуються таким чином, щоб полегшити подальше використання для автономізації земснаряду. Наведені загальні рекомендації щодо вибору вимірювальних засобів, пояснення щодо необхідності контролю окремих параметрів та застосованих методів.

Список літератури

1. HIS market. International Dredging Directory. January 2021, [URL] Visited 28.08.2021. Available at <https://cdn.ihsmarkit.com/www/pdf/1220/International-Dredging-Directory-2021.pdf>
2. *Hijdra, R.M.J.; Harst, S.V.D.* Design of an Autonomous Underwater Maintenance Dredger: A teaser to the maritime industry. J. Phys. Conf. Ser. 2019, 1357, 012001.
3. Zivenko O. Level measurement principles & sensors / A.V. Zivenko, A.G. Nakonechniy, D.Y. Motorkin // Materialy IX mezinarodni vedecko-prackticka conference “Veda a technologie: krok do budoucnosti - 2013”. – Dil. 28. Technicke vedy. Prague - 2013. pp. 85-90.
4. Рівнеміри для рідин MIRA+. Amico Digital. Visited 28.08.2021. Available at <https://digitalamico.com/level-sensor/>.
5. САДКО-Док. Компьютерная система управления и контроля балластной системой дока. ГК АМИКО, 2013, [URL] Visited 28.08.2021. Available at http://amico.ua/sadco_dock.php
6. *A. Topalov, G. Kondratenko, O. Gerasin, O. Kozlov, O. Zivenko* Information system for automatic planning of liquid ballast distribution / Proceedings of the 2nd International Workshop on Information-Communication Technologies & Embedded Systems (ICTES 2020), Mykolaiv, Ukraine, 2020. pp. 191-200.
7. Slurry Density Meter - Non-nuclear density measurement. RHOSONICS, 2021, [URL], Visited 28.08.2021. Available at <https://rhosonics.com/>
8. Subsea Acoustic Navigation. Advanced Navigation, 2021 [URL] Visited 29.08.2021. Available at <https://info.advancednavigation.com/acoustic-usbl>
9. *A. Filisetti, A. Marouchos, A. Martini, T. Martin and S. Collings* Developments and applications of underwater LiDAR systems in support of marine science, OCEANS 2018 MTS/IEEE Charleston, pp. 1-10, doi: 10.1109/OCEANS.2018.8604547.
10. *Lloyd Jones D. et. al.* Using Multibeam and Sidescan Sonar to Monitor Aggregate Dredging. In: Seafloor Mapping along Continental Shelves. Coastal Research Library, vol 13. Springer, doi: 10.1007/978-3-319-25121-9_9