

## **ВИБІР МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ РІДКИХ/ТВЕРДИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ЗЕМСНАРЯДІВ**

**Жуков Ю.Д.<sup>1</sup>**

доктор технічних наук, професор

**Зівенко О.В.<sup>2</sup>**

кандидат технічних наук, доцент

<sup>1,2</sup> - кафедра морського приладобудування Національного університету  
кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

[yuriy.zhukov@nuos.edu.ua](mailto:yuriy.zhukov@nuos.edu.ua)<sup>1</sup>, [oleksii.zivenko@nuos.edu.ua](mailto:oleksii.zivenko@nuos.edu.ua)<sup>2</sup>

**Анотація.** Наведено огляд методів контролю кількості вантажу підводного земснаряду. Надані рекомендації та аргументи щодо вибору засобів вимірювання. В якості основних засобів вимірювання обрано ультразвукові сенсори, комплексовані із датчиками тиску та сигналізаторами рівня.

**Ключові слова:** суміш води і донного ґрунту, вимірювання рівня рідини, інтерфейс поділу середовищ, підводний дреджер, управління баластом.

Рівень рідин та сипких середовищ є одним з найчастіше вимірюваних у промислових процесах параметром (частіше вимірюється тільки температура, тиск, витрата). Незалежно від типів матеріалів, що контролюються (паливо, нафта чи стічні води, будь-яка інша рідка або сипка речовина) точність вимірювання та надійність роботи є визначними факторами для підбору потрібного методу вимірювання та для забезпечення потрібного рівня безпеки. Різноманіття методів та засобів вимірювання рівня зумовлено різноманіттям вимірювальних задач (див. наприклад [1-3]). Вибір «найбільш ефективного» методу для конкретного застосування може виявитися доволі складним. Більшість методів вимірювання рівня орієнтовані на контроль положення лінії поділу середовищ повітря(газ)-рідина, рідина-рідина (у випадку незмішуваних середовищ), або повітря-сипка речовина. Найбільш складним з технічної точки зору є вимірювання рівнів спінених/киплячих речовин, меж поділу рідких та сипких середовищ, між якими межа поділу є нечіткою. Характеристики шарів

суміші води і річкового або морського донного ґрунту можуть змінювати свої характеристики у широкому діапазоні. На практиці такі задачі виникають під час обслуговування річкових або морських судноплавних каналів, добування твердої породи [4], очищення води/піску, контролю відстійників шламу, тощо. Робота присвячена вирішенню задачі контролю кількості суміші у вантажних танках автономної драги. Інформація про наповнення вантажем танків разом із інформацією про баласт використовується для управління плавучістю [5] і механізмами земснаряду (у тому числі підводного [6]).

В якості датчиків рівня баластної системи рекомендовано використовувати гідростатичні або хвильовідні радарні рівнеміри безперервного вимірювання [7]. Сенсори таких типів мають достатню точність для виконання поставлених завдань, а надійність рішень перевірена роками практичного досвіду використання, наприклад у складі комп'ютеризованих систем управління баластною системою дока КСУ БСД «САДКО ДОК» [8]. При цьому зазначене обладнання нечутливе до рівня забруднення баластної води. Механічні домішки, невеликі рівні налипання бруду практично не впливають на результати вимірювання рівня баласту.

Щодо рівня вантажу, який за своєю сутністю є «забрудненою сумішшю» – то для оцінки кількості необхідно врахувати наступне. По-перше – слід чітко уявити завдання вимірювання. Для контролю та управління вантажними операціями драги важливо знати масу вантажу, його розподіл по окремих танках. Результатом вимірювання повинна бути саме маса відібраного ґрунту, оскільки саме від розподілу вантажу залежать характеристики керованості драги і подальше керування розподілом баласту. Тобто кращим вибором буде використання датчиків навантаження (тензодатчиків) для визначення фактичної маси вантажу у танках. Проте, конструкція танків/судна може унеможливлювати їх використання. Тому додатково із вимірюванням рівня виконується вимірювання або розрахунок густини вантажу для подальшого розрахунку маси. Такі непрямі вимірювання додатково вносять похибку у визначення маси. Для визначення прийнятності такого підходу потрібно визначити необхідну точність

вимірювання маси у кожному окремому танку та дозволена величину невизначеності загальної маси ґрунту. У випадку нерівномірного заповнення танків рівень вантажу повинен контролюватися для управління засувками. По-друге, у випадку вимірювання рівня твердої породи – метод вимірювання рівня повинен бути безконтактним (або мати мінімальний контакт із речовиною) та бажано неінвазійним для виключення механічного впливу на працездатність пристроїв. По-третє, як було зазначено вище, окремою вимогою до сенсорів є необхідність у забезпеченні потрібного рівня точності вимірювання/сигналізації рівня. Згадані фактори зумовлюють відмову від більшості з розповсюджених методів вимірювання рівня, та вибору в якості базових методів вимірювання рівня твердих речовин під шаром рідини кількох варіантів. Перший, найбільш надійний, проте з найбільш складним обслуговуванням – радіоізотопний метод вимірювання, дозволяє неінвазійно безперервно контролювати рівень вантажу. Як недолік можна назвати високу вартість як приладу, так і обслуговування в цілому, комплексну складність використання такого методу (необхідність спеціальних конструкцій, персоналу тощо). Другим, найбільш простим методом контролю рівня є використання комплексу сигналізаторів рівня, розташованих безпосередньо у танках. При цьому в якості надійних сигналізаторів рівня для такого завдання можуть використовуватися як вібраційні (fork), так і ємнісні [3]. Окремого розгляду потребує дослідження можливості контролю густини шару вантажу за допомогою вібраційних сигналізаторів. Проте, недоліком цього методу є по-перше – саме детектування досягнутого рівня (point measurement); по-друге, використання декількох приладів, що розташовані по висоті резервуару. Найбільш перспективним з точки зору авторів є використання ультразвукової системи. Системи можуть використовувати випромінювачі, що закріплюються зі зворотної сторони металевого танку та здатні випромінювати та приймати акустичні хвилі крізь його стінки. Для надійного вимірювання обладнання у танку може дублюватися або для підвищення точності та надійності вимірювання дані різних сенсорів можуть комплексуватися – див. рис. 1.

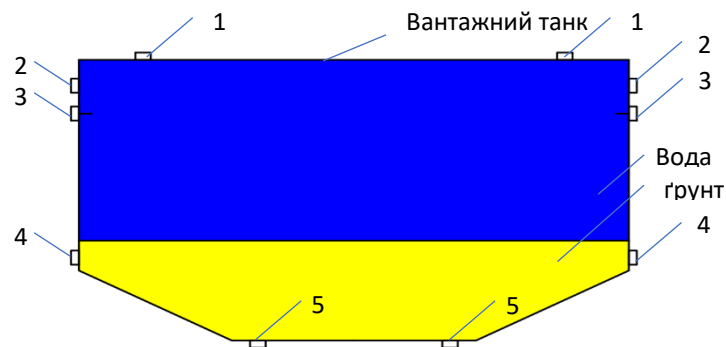


Рисунок 1 – Розташування датчиків для контролю вантажного танку

Сенсори, що монтуються у верхній частині танку 1 призначені для вимірювання відстані від криші танку – до межі поділу середовища рідина-тверде тіло. Сенсори 2 призначені для вимірювання швидкості розповсюдження акустичних хвиль у воді (та/або густини суміші). Для запобігання переповненню танку додатково використовуються контактні сигналізатори верхнього рівня вібраційного типу 3. Для вимірювання швидкості розповсюдження акустичних хвиль у вантажі (ґрунту) використовуються сенсори 4. Для вимірювання відстані від дна танку до межі поділу середовищ ґрунт/вода використовуються сенсори 5, що розташовані на дні танку. Дослідженню підлягає вивчення розповсюдження та згасання ультразвукових хвиль при зондуванні сенсорами 5 крізь ґрунт різної густини, пористості та вмісту води.

Додатковим рішенням щодо контролю завантаження танку по масі може бути використання датчиків тиску для вимірювання тиску стовпа рідини та водно-піщаної суміші. Додаткове комплексування інформації про тиск у баластних відсіках, глибину занурення дозволить визначити масу прийнятого вантажу та використати цю інформацію для управління.

### Література

1. The Engineer's Guide to Level Measurement, 2021 edition. Emerson Process Management, 2021. 251 pages.
2. 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.

3. Level measurement guide. Embrace the proven, welcome the new. Complete level solutions from your trusted partner. Published by Siemens AG 2020, 31 pages.
4. Tily, P J (2000) Selection guide for level measurement of slurries. Aspen Technology's Process Manual: Slurry Handling Volume 7 Part 7.
5. 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.
6. 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.
7. Рівнеміри для рідин MIRA+. AMICO Digital. Visited 28.08.2021. Available at <https://digitalamico.com/level-sensor/>.
8. 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](http://amico.ua/sadco_dock.php).

## SELECTION OF MEASUREMENT TECHNIQUE AND HARDWARE FOR MEASUREMENT OF LIQUIDS/SOLIDS QUANTITIES ON DREDGERS

Zhukov Yu.D., Zivenko O.V.

Marine Instrumentation Dept., Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine.

**Abstract.** A review of cargo quantity measurement techniques for underwater dredger is given. Criteria and recommendations for selection of measuring instruments are given. Ultrasonic sensors complexed with pressure sensors and level indicators selected as main measurement instruments.

**Keywords:** liquid-solid level measurement, separation interface, underwater dredger, ballast control.