



УДК 56.028.2 (075.8)

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ

Сандлер А.К.¹, Батынский А.И.²Национальный университет «Одесская морская академия», г. Одесса, Украина
e-mail: ¹albertsand4@gmail.com, ²anbat99@ukr.net

Copyright © 2020 by author and the journal "Automation of technological and business - processes.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i2.1802>

Анотація. Для збереження своєї присутності на ринку судновласники змушені шукати шляхи істотного скорочення власних витрат з тим, щоб не тільки конкурувати з іншими судновласниками, а й забезпечити рівень доходів, який би створював умови для розширеного відтворення. Судноплавні компанії реалізують скорочення власних фінансових витрат різними шляхами, наприклад зниженням заробітних плат екіпажу, скороченням кількості екіпажу на судні, зниження основних експлуатаційні витрат за рахунок переходу на дешеві сорти високов'язких палив в'язкістю понад 380 мм кв./с. Один з перспективних методів зниження фінансових витрат є перехід на шлях оптимізування енергоспоживання і підвищення енергоефективності судів. Удосконалення енергетичної ефективності судна передбачає виконання регулювання параметрів основних елементів паливної системи і мінімізацію енергетичних витрат на підготовку важкого палива. Аналіз застосування існуючих рівнемірів пока-зав, що їх застосування в спеціальних експлуатаційних умовах характеризується недостатньою достовірністю результатів вимірювання, високою похибкою, низькою оперативністю, припускають контакт з паливом, не забезпечують умов безпеки при роботі з вуглеводнями. Для пошуку шляхів поліпшення метрологічних характе-ристик пристроїв контролю рівня були проаналізовані конструкції поширених вимірювальних приладів. Ро-зроблено новий схемотехнічне рішення рівнеміра для контролю високотемпературних середовищ. У пристрої немає необхідності застосування додаткових заходів по захисту чутливого елемента в умовах впливу експлу-таційних факторів, є можливість обліку і компенсації коливань температури контрольованого середовища і од-ночасно збережені надійність, чутливість і простота схемотехнік пристроїв відомих типів. Основною відмінністю пропонованого пристрою є те, що генератор коливання винесено із зони підвищених температур, стрижень з інвара розташований коаксіально до комбінованого световоду з єдиною оболонкою і багатьма сер-цевинами. Комбінований світловод захищений оболонкою з інвара. Випромінювання до световоду надходить від джерела випромінювання через первинний розгалужувач, мультиплексор / демультіплексор, вторинний розгалужувач. Після проходу світловода випромінювання, відбившись від дзеркальних шарів на кінцях серце-вин, повертається в зворотному порядку до фотоприймача. Використання розробленого пристрою дозволить не тільки адекватно і достовірно оцінювати кількісний показник рівня в судових системах паливопідготовки на належному рівні, а й контролювати витрату палива енергетичною установкою.

Abstract. To maintain their presence in the market, ship-owners are forced to look for ways to significantly reduce their own costs in order not only to compete with other ship-owners, but also to ensure a level of income that would create conditions for expanded reproduction. Shipping companies realize reductions in their own financial costs in various ways, for example, reducing crew wages, reducing the number of crew on board, and reducing basic operating costs by switching to cheap varieties of high-viscosity fuels with viscosities higher than 380 mm²/s. One of the promising methods of reducing financial costs is the transition to the path of optimizing energy consumption and improving the energy efficiency of ships. Improving the energy efficiency of the vessel involves adjusting the parameters of the main elements of the fuel system and minimizing the energy costs of preparing heavy fuel. Analysis of the use of existing level gauges showed that their use in special operating conditions is characterized by insufficient reliability of the measurement results, high error, low efficiency, suggest contact with the fuel, do not provide safety conditions when working with hydrocarbons. To search for ways to improve the metrological characteristics of level control devices, the designs of common measuring instruments were analyzed. A new circuitry solution for a level gauge for monitoring high-temperature environments has been developed. The device does not require additional measures to protect the sensitive element under the influence of operational factors, it is possible to take into account and compensate for temperature fluctuations in the controlled environment, and at the same time,



the reliability, sensitivity and simplicity of the circuit-technical solutions of known types of devices are preserved. The main difference of the proposed device is that the oscillation generator is removed from the zone of elevated temperatures, the Invar rod is located coaxially to the combined fiber with a single sheath and many cores. The combined light guide is protected by an invar sheath. The radiation to the fiber comes from the radiation source through the primary splitter, multiplexer / demultiplexer, secondary splitter. After the fiber passes, the radiation, reflected from the mirror layers at the ends of the cores, returns in the reverse order to the photodetector. Using the developed device will allow not only to adequately and reliably assess the quantitative level indicator in ship fuel preparation systems at the proper level, but also to control fuel consumption by a power plant.

Ключові слова: рівнемір, паливо, світловод.

Keywords: level gauge, fuel, optical fiber.

Введение

В современных рыночных условиях морские и речные судоходные компании, основную материальную базу которых составляет транспортный флот, испытывают серьезные экономические и финансовые трудности в конкурентной борьбе на мировом рынке транспортных услуг. Большинство транспортных судов эксплуатируются 10-20 лет судоходными компаниями.

Для сохранения своего присутствия на рынке судовладельцы вынуждены искать пути существенного сокращения собственных затрат с тем, чтобы не только конкурировать с другими судовладельцами, но и обеспечить уровень доходов, который бы создавал условия для расширенного воспроизводства. Судоходные компании реализуют сокращения собственных финансовых затрат различными путями, например снижением заработных плат экипажу, сокращением количества экипажа на судне, снижением основных эксплуатационных затрат за счет перехода на дешевые сорта высоковязких топлив вязкостью выше 380 мм²/с. Один из перспективных методов снижения финансовых затрат является переход на путь оптимизирования энергопотребления и повышения энергоэффективности судов.

С 1 января 2013 года в соответствии с положениями Резолюции ИМО МЕРС.203(62) вступили в силу новые правила Конвенции МАРПОЛ, направленные на повышение энергоэффективности судов. На все новые суда, построенные после 1 января 2013 года, распространяются требования по расчету Конструктивного коэффициента энергоэффективности судна, а для судов, находящихся в эксплуатации, с этой даты вводится требование по наличию на борту Судового плана управления энергетической эффективностью судна.

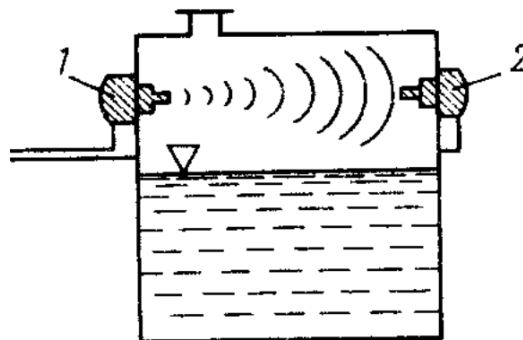
Совершенствование энергетической эффективности судна предполагает выполнение регулировки параметров основных элементов топливной системы и минимизацию энергетических затрат на подготовку тяжелого топлива [1, 2]. Одним из аспектов минимизации энергетических затрат является повышение точности и достоверности измерения уровня топлива в топливных танках и передача результатов в информационно-измерительную систему судна. Задача измерения уровня жидкости является актуальной не только на судах. Стремление топливных компаний-операторов точно учитывать запасы углеводородных топлив заставляет искать новые высокоточные приборные методы измерения уровня.

Анализ литературных источников и постановка задачи

Анализ применения существующих уровнемеров показал, что их применение в специальных эксплуатационных условиях характеризуется недостаточной достоверностью результатов измерения, высокой погрешностью, низкой оперативностью, предполагают контакт с топливом, не обеспечивают условий безопасности при работе с углеводородами.

Для поиска путей улучшения метрологических характеристик устройств контроля уровня были проанализированы конструкции распространенных измерительных приборов [3, 4].

Известное устройство, которое состоит из блока питания, пьезоэлектрического генератора ультразвуковых колебаний, приемника ультразвуковых колебаний и усилителя (рис. 1) [3].



**Рис. 1. – Ультразвуковой сигнализатор уровня:
1 – излучатель; 2 - приемник**



Недостатки устройства, которые обусловлены применением пьезоэлектрических элементов в приборе:

- 1) зависимость достоверности измерения от температуры контролируемой среды, в том числе частичная потеря работоспособности при приближенных температуры к температуре точки Кюри пьезокристалла;
- 2) необходимость постоянной защиты и поддержания геометрии измерительного тракта в условиях влияния эксплуатационных факторов;
- 3) сложность замены поврежденных узлов измерительного устройства в условиях повышенных температур;
- 4) большая стоимость прибора.

Наиболее близким за технической сущностью к решению задачи эффективного контроля уровня высокотемпературных топлив является устройство, которое содержит блок питания, пьезоэлектрический генератор ультразвуковых колебаний и волоконный световод с внешними и внутренними электродами (рис. 2) [4].

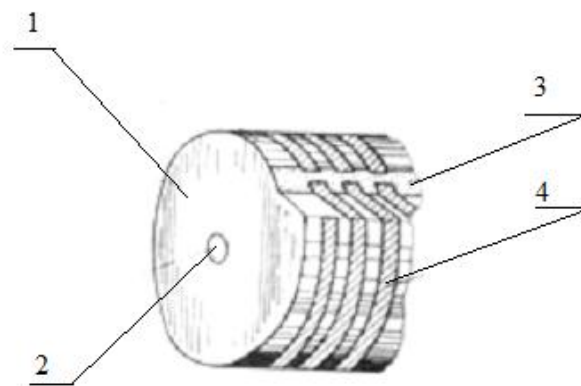


Рис. 2. Волоконно-оптический сигнализатор уровня:
1 - оболочка; 2 – жила; 3 – внутренний электрод; 4 – внешний электрод

Недостатки устройства, которые обусловлены применением одного световода с внешними и внутренними электродами:

- чрезмерные сложности при вводе акустической волны в одиночный световод;
- недостаточная эффективность модуляции излучения в световоде;
- необходимость применения дополнительных мер по защите зоны контакта электродов и световода в условиях влияния эксплуатационных факторов;
- невозможность учета влияния эксплуатационных факторов на результаты измерения.

Цель и задачи исследования

Таким образом, возникла необходимость разработки нового схмотехнического решения уровнемера для контроля высокотемпературных сред. Представлялось целесообразным создание измерительного устройства, в котором отсутствует необходимость применения дополнительных мер по защите чувствительного элемента в условиях влияния эксплуатационных факторов, имеется возможность учета и компенсации колебаний температуры контролируемого среды и одновременно сохранены надежность, чувствительность и простота схмотехнических решений устройств известных типов.

Основным отличием предлагаемого устройства является то, что генератор колебания вынесен из зоны повышенных температур, стержень из инвара расположен коаксиально к комбинированному световоду с единой оболочкой и многими сердцевинами. Комбинированный световод защищен оболочкой из инвара. Излучение к световоду поступает от источника излучения чрез первичный разветвитель, мультиплексор/ демультиплексор, вторичный разветвитель. После прохода световода излучение, отразившись от зеркальных слоев на концах сердцевин, возвращается в обратном порядке к фотоприемнику.

Результаты исследований

Суть устройства объясняется чертежом (рис. 3).

Излучение поочередно поступает в сердцевинки комбинированного световода, которые находятся в пределах прибора. Одновременно на сердцевинки влияют колебания сверхвысокой частоты, которые создаются генератором и транслируются стрелом.

В статическом режиме (калибровка без погружении в высокотемпературную среду) генерируется информационный сигнал, на основании которого фиксируются соответствующие данные и поправки при стандартных условиях окружающей среды и потери во всех элементах измерительной системы.

В динамическом режиме (измерение после погружения в высокотемпературную среду) при изменении величины погружения измерителя в топливо, на границе "топливо-воздух" происходит резкое изменение величины демпфирования вынужденных колебаний сердцевин комбинированного световода, который возбуждается условия акустооптического взаимодействия механических и световых волн.

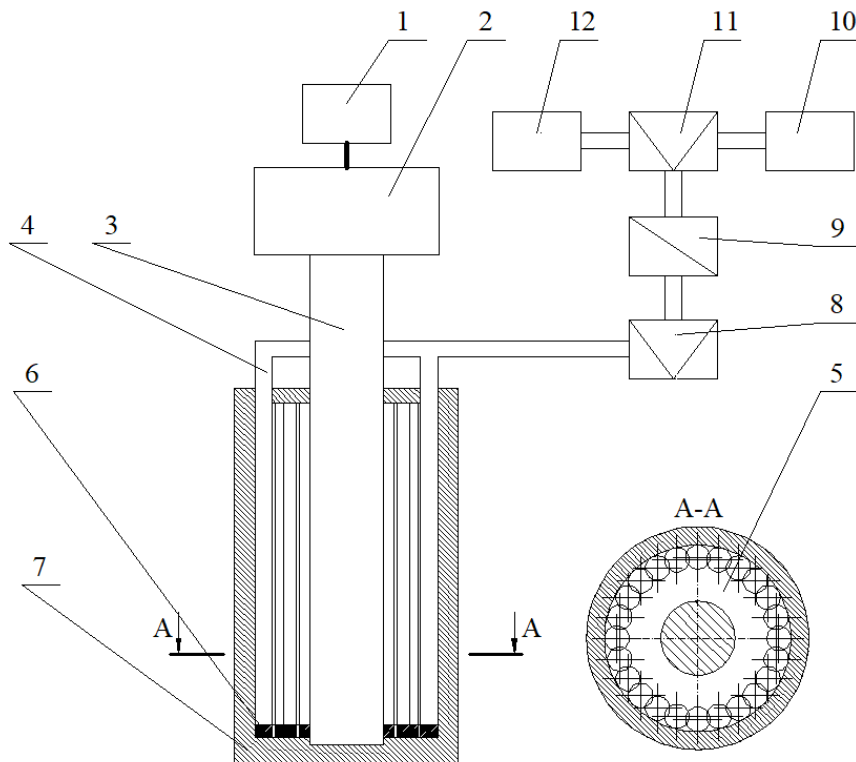


Рис. 3. – Измеритель уровня для высокотемпературных систем топливоподготовки:

1 – блок питания; 2 – генератор колебаний сверхвысокой частоты; 3 – стержень из инвара; 4 – сердцевины комбинированного световода; 5 – оболочка комбинированного световода; 6 – зеркальные слои на концах сердцевин; 7 – защитная оболочка из инвара; 8 – вторичный разветвитель; 9 – мультиплексор/ демультиплексор; 10 – источник излучения; 11 – первичный разветвитель; 12 – фотоприемник.

Величина интенсивности светового излучения, которое проходит везде сердцевины в прямом и обратном направлении, после отражения от зеркального слоя, будет пропорциональная величине уровня контролируемого среды [5 - 9].

Таким образом, происходит полный цикл измерения.

Выводы

Технический эффект достигается благодаря тому, что комбинация оптико-механических элементов обеспечивает:

1. повышение качества функционирования за счет расположения сенсорного элемента измерителя непосредственно в среде топлива, уровень которой измеряется, и выноса генератора колебаний в зону умеренных температур;
2. компенсацию влияния неконтролируемых эксплуатационных и климатологических факторов на измерительный канал;
3. применение материалов, нечувствительных к термическому и коррозионному влиянию топлива с температурой свыше 400 К;
4. постоянное измерение в реальном масштабе времени;
5. повышенную чувствительность и точность прибора.

Использование разработанного устройства позволит не только адекватно и достоверно оценивать количественный показатель уровня в судовых системах топливоподготовки на надлежащем уровне, но и контролировать расход топлива энергетической установкой.

Список использованных источников

- [1] Добровольский В. В., Солодовников В. Г. Энергетическая эффективность топливных систем современных транспортных судов работающих на высоковязких сортах тяжелых топлив вязкостью 380 мм²/с и выше. // Судовые энергетические установки. – Одесса: ОНМА. – 2013. – Вып. 32. – С. 101 - 112.
- [2] Справочник судового механика по теплотехнике / И.Ф. Кошелев, А.П. Пимошенко, Г.А. Попов, В.Я. Тарасов. – Л.: Судостроение, 1987. – 480 с.
- [3] Измерения в промышленности. Справ. изд. В 3 кн. Кн. 2. Способы измерения и аппаратура. Пер. с нем. / Под ред. Профоса П. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990 – 384 с.



- [4] Гуляев, Ю.В., Меш, М.Я., Проклов, В.В. Модуляционные эффекты в волоконных световодах и их применение. – М.: Радио и связь, 1991. – 150 с.
- [5] Бусурин, В.И., Носов, Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
- [6] Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
- [7] Снайдер, А., Лав, Д. Теория оптических волноводов. – М.: Радио и связь, 1987. – 656 с.
- [8] Черненко, В.Д. Оптомеханика волоконных световодов. – СПб: Политехника, 2010. – 291 с.
- [9] Сандлер, А.К. Інформаційно-вимірювальні пристрої на основі волоконно-оптичних технологій. – Одеса: Издатинформ НУ "ОМА", 2018. – 165 с.

References

- [1] Dobrovolsky, V.V., Solodovnikov, V.G. (2013). Energeticheskaya effektivnost' toplivnykh sistem sovremennykh transportnykh sudov rabotayushchikh na vysokovyazkikh sortakh tyazhelykh topliv vyazkost'yu 380 mm²/s i vyshe - Energy efficiency of the fuel systems of modern transport vessels operating on high-viscosity grades of heavy fuels with a viscosity of 380 mm²/s and higher. // Sudovyie energeticheskiye ustanovki - Marine power plants. [in Ukraine].
- [2] Koshelev, A.P. Pimoshenko, G.A. Popov, V.Ya. Tarasov. (1987). Spravochnik sudovogo mekhanika po teplotekhnike. [Handbook of ship mechanics in the heat-technical industry]. Leningrad: Sudostroyeniye [in Russian].
- [3] Profos P. (1990). Izmereniya v promyshlennosti. [Measurements in the industry]. Moscow: Metallurgy [in Russian].
- [4] Gulyaev, Yu.V., Mesh, M.Ya., Proklov, V.V. (1991). Modulyatsionnyye efekty v volokonnykh svetovodakh i ikh primeneniye. [Modulation effects in optical fibers and their application]. Moscow: Radio i svyaz' [in Russian].
- [5] Busurin, V.I., Nosov, YU.R. (1990). Volokonno-opticheskiye datchiki. Fizicheskiye osnovy, voprosy rascheta i primeneniya. [Fiber optic sensors. Physical basis, questions of calculation and application]. Moscow: Energoatomizdat [in Russian].
- [6] Udd, E. (2008). Volokonno-opticheskiye datchiki. [Fiber Optic Sensors]. Moscow: Tekhnosfera [in Russian].
- [7] Snider, A., Love, J.D. (1987.) Teoria opticheskikh volnovodov. [Theory of optical wave guides]. Moscow: Radio i svyaz' [in Russian].
- [8] Chernenko, V.D. (2010). Optomekhanika volokonnykh svetovodov. [Optomechanics of optical fibers]. St. Petersburg: Polytechnic [in Russian].
- [9] Sandler, A.K. (2018). Informatsiyno-vymiryuval'ni prystroyi na osnovi volokonno-optychnykh tekhnolohiy. [Information-measuring devices based on fiber-optic technologies]. Odessa: Izdatinform NU "OMA" [in Ukraine].

УДК 681.58

ВПЛИВ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЕЮ НА ЗАГАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Степанець О. В.¹, Захарченко А. С.²

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна

ORCID: ¹ <https://orcid.org/0000-0003-4444-0705>, ² <https://orcid.org/0000-0001-5767-3028>

E-mail: ¹ o.stepanets@kpi.ua, ² zakharchenko.nastia.s@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business - processes.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i2.1804>

Анотація. В статті розглядається питання енергоефективності в контексті сучасної будівлі, беручи до уваги як і економічні показники, так і екологічні характеристики та особистий комфорт користувачів. Зазначено