

Ю. С. Популовский <sup>1</sup>, А. Ю. Портной <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДАТЧИК КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

**Аннотация.** Контроль уровня жидкости достаточно важная проблема во многих отраслях техники. В рамках железнодорожного транспорта данная проблема видна на примере подшипников скольжения. Одним из наиболее важных подшипников скольжения являются моторно-осевой подшипник грузовых электровозов, который, по крайней мере, еще около 40 лет будут применяться на грузовых локомотивах. Такой подшипник вполне надежен в случае достаточного для его смазывания уровня смазки. Наиболее простой способ контроля уровня заправки смазки является контроль ее уровня по переливу смазки. Однако в этом случае 0,5 – 1,5 литра смазки на буксу моторно-осевого подшипника неизбежно теряется т.к. в 12-осевом электровозе 24 буксы, потери смазки на заправку при ТО-2 (каждые 5 дней) составляют значительную величину. Важной частью многих видов транспорта для железных дорог считается моторно-осевой подшипник. Как неотъемлемая часть многих опорных узлов одноименного блока, изделие принимает на себя очень большие динамические нагрузки, а также нагрузки от трения. Именно этим и объясняется его важность – безопасность электровозов и тепловозов во многом зависит от колесно-моторного блока, его надежности в эксплуатации, а она обеспечивается, в частности, этим подшипником. От него же зависят ремонтпригодность и возможности технического обслуживания мотора. Для контроля наличия масла лучшим образом подходит акустический метод контроля. Одной из самых важных областей применения ультразвукового контроля является измерение остаточной толщины твердых и жидких материалов. На данном методе ультразвукового контроля основана система контроля заполнения моторно-осевых подшипников маслом. Работа деталей и сборочных единиц подвижного состава железнодорожного транспорта связана с воздействием на них переменных по величине нагрузок, в том числе циклических. Наличие таких эксплуатационных нагрузок вызывает возникновение усталостных трещин в деталях с последующим их разрушением. Учёт влияния усталостного разрушения на ресурс деталей оценивается, как правило, путём ресурсного испытания опытных образцов изделий, а также опыта эксплуатации подобных конструкций. Такой подход связан со значительными затратами, связанными с необходимостью изготовлением испытываемых образцов и последующего их испытаниями. В данной работе предложен метод исследования материалов, из которых будут изготовлены бедующие детали путем создания специально выполненных образцов, позволяющих сформировать в них напряжённо-деформированное состояние, соответствующее тому, которое будет создаваться в деталях при их эксплуатации. В результате испытания образцов материалов на специально разработанном стенде, можно получить количественную оценку усталостной прочности проектируемых деталей в лабораторных условиях минуя этап проведения ресурсных испытаний опытных образцов. Разработанный метод оценки усталостной прочности материалов позволит снизить сроки и стоимость ввода в эксплуатацию новых деталей и сборочных единиц, что подчёркивает его актуальность.

**Ключевые слова:** моторно-осевой подшипник, акустический метод контроля, безопасность.

Yu. S. Populovsky <sup>1</sup>, A. Y. Portnoy <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

## ULTRASONIC LIQUID LEVEL MONITORING SENSOR

**Abstract.** Liquid level control is quite an important problem in many branches of technology. In the framework of railway transport, this problem is visible on the example of sliding bearings. One of the most important sliding bearings is the motor-axial bearing of electric freight locomotives, which will be used on freight locomotives for at least another 40 years. Such a bearing is quite reliable if the level of lubrication is sufficient for its lubrication. The easiest way to control the level of filling of the lubricant is to control its level by overflowing the lubricant. However, in this case, 0.5-1.5 liters of grease on the axle box of the motor-axial bearing is inevitably lost because in a 12-axis electric locomotive there are 24 axle boxes, the loss of grease for refueling at TO-2 (every 5 days) is a significant amount. An important part of many types of transport for railways is considered to be a motor-axial bearing. As an integral part of many support units of the same block, the product takes on very large dynamic loads, as well as friction loads. This explains its importance-the safety of electric locomotives and diesel locomotives largely depends on the wheel-motor

unit, its reliability in operation, and it is ensured, in particular, by this bearing. The maintainability and technical maintenance capabilities of the motor also depend on it. The acoustic control method is best suited for monitoring the presence of oil. One of the most important applications of ultrasonic testing is the measurement of the residual thickness of solid and liquid materials. The system for monitoring the filling of motor-axial bearings with oil is based on this method of ultrasonic testing. The work of parts and assembly units of railway rolling stock is associated with the impact on them of variable loads, including cyclic loads. The presence of such operational loads causes the appearance of fatigue cracks in the parts with their subsequent destruction. Taking into account the impact of fatigue failure on the life of parts is estimated, as a rule, by resource testing of prototypes of products, as well as experience in the operation of such structures. This approach is associated with significant costs associated with the need to manufacture test samples and their subsequent testing. In this paper, we propose a method for studying the materials from which the missing parts will be made by creating specially made samples that allow them to form a stress-strain state corresponding to the one that will be created in the parts during their operation. As a result of testing samples of materials on a specially designed stand, it is possible to obtain a quantitative assessment of the fatigue strength of the designed parts in laboratory conditions, passing the stage of carrying out resource tests of prototypes. The developed method of evaluating the fatigue strength of materials will reduce the time and cost of commissioning new parts and assembly units, which emphasizes its relevance.

**Keywords:** motor-axial bearing, acoustic control method, safety.

## **Введение**

Акустические средства измерений уровня. В настоящее время, предложены различные принципы построения акустических уровнемеров, из которых широкое распространение получил принцип локации. В соответствии с этим принципом измерение уровня осуществляют по времени прохождения ультразвуковыми колебаниями расстояния от излучателя до границы раздела двух сред и обратно до приемника излучения. Локация границы раздела двух сред осуществляется либо со стороны газа, либо со стороны рабочей среды (жидкости или сыпучего материала). Уровнемеры, в которых локация границы раздела двух сред осуществляется через газ, называют акустическими, а уровнемеры с локацией границы раздела двух сред через слой рабочей среды – ультразвуковыми.

Большинство методов ультразвукового исследования использует либо продольные, либо поперечные волны. Также существуют и другие формы распространения ультразвука, включая поверхностные волны и волны Лэмба. Продольные ультразвуковые волны – волны, направление распространения которых совпадает с направлением смещений и скоростей частиц среды. Поперечные ультразвуковые волны – волны, распространяющиеся в направлении, перпендикулярном к плоскости, в которой лежат направления смещений и скоростей частиц тела, то же, что и сдвиговые волны.

Теневой метод ультразвукового контроля (УЗК). Излучатель ультразвуковых волн, объект контроля и приемник образуют «акустический тракт», по наличию которого регистрируется сигнал о наличии масла. Если на пути ультразвуковых волн от излучателя до приемника находится, отражающая или рассеивающая ультразвуковые волны, область, то уровень принятого сигнала минимален.

Пьезоэлектрические преобразователи (далее ПЭП) применяются в ультразвуковом контроле, выступая в качестве излучателя и приемника ультразвукового импульса, обрабатываемого ультразвуковым дефектоскопом. Принцип действия ПЭП основан на пьезоэлектрических эффектах – явлении возникновения электрической поляризации под действием механических напряжений и изменение геометрических размеров в так приложенной разности потенциалов.

Принцип действия ПЭП заключается в генерации ультразвуковой волны (УЗ) и преобразовании ультразвуковой волны в электрический сигнал. Данным прибором осуществляют акустический контроль объектов контроля на наличие несплошностей.

## **Построение системы акустического контроля**

Конструкция пьезоэлектрического датчика основана на принципе прохождении УЗ волны через жидкость. Датчик представляет собой две пьезопластины расположенные друг

на против друга. Две пластины и жидкость между ними образуют акустическую систему, по которой происходит распространение и регистрация ультразвуковой волны.

Для построения акустической системы контроля масла был разработан датчик, который обеспечивает стабильную и безошибочную регистрацию масла, рис. 1.

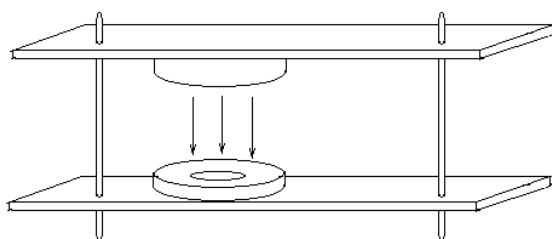


Рис. 1. Акустическая схема датчика

Конструкция датчика проста и компактна, что обеспечивает широкий диапазон областей применения данного датчика.

Принцип работы датчика построен на теновом методе акустического контроля. Суть применяемого метода для данного датчика заключается в том, что как только на выводах приемной пластины появляется разность потенциалов можно судить о том, что между пластинами находится среда в которой распространяется УЗ волна, это значит что между пластинами находится контролируемая жидкость

Формы и размер датчика позволяют поместить его в узкие емкости или маслопроводы. Форма датчика обеспечивает беспрепятственный сквозной ток масла. Во время течения мала через датчик образуется акустический контакт и по наличию этого контакта регистрируется наличие масла.

Конструкция датчика проста и компактна, что обеспечивает широкий диапазон областей применения данного датчика.

Принцип работы датчика построен на теновом методе акустического контроля. Суть применяемого метода для данного датчика заключается в том, что как только на выводах приемной пластины появляется разность потенциалов можно судить о том, что между пластинами находится среда, в которой распространяется УЗ волна, это значит, что между пластинами находится контролируемая жидкость, рис. 2.

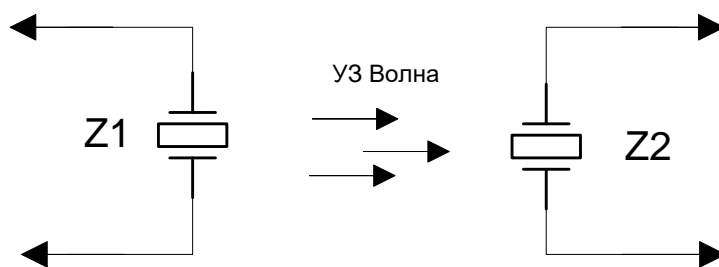


Рис. 2. Принцип работы преобразователя

Передающая пьезопластина Z1 генерирует зондирующий импульс, который распространяется через объект контроля, при его наличии, в данной работе рассматривалось масло. Затем пьезопластина приемника Z2 начинает колебаться в такт с зондирующим импульсом и из-за обратного пьезоэффекта на выводах пластины образуется разность потенциала, который в дальнейшем и подлежит регистрации. Конечный вариант датчика представлен на рис. 3.



Рис. 3. Датчик наличия или отсутствия жидкости

Датчик стабильно регистрирует наличие или отсутствие жидкости между пьезопластинами.

После снятия осциллограмм была составлена диаграмма направленности ультразвуковой волны. Диаграмма направленности представляет зависимость интенсивность приемного сигнала от угла наклона. Диаграмма направленности представлена на рис. 4.

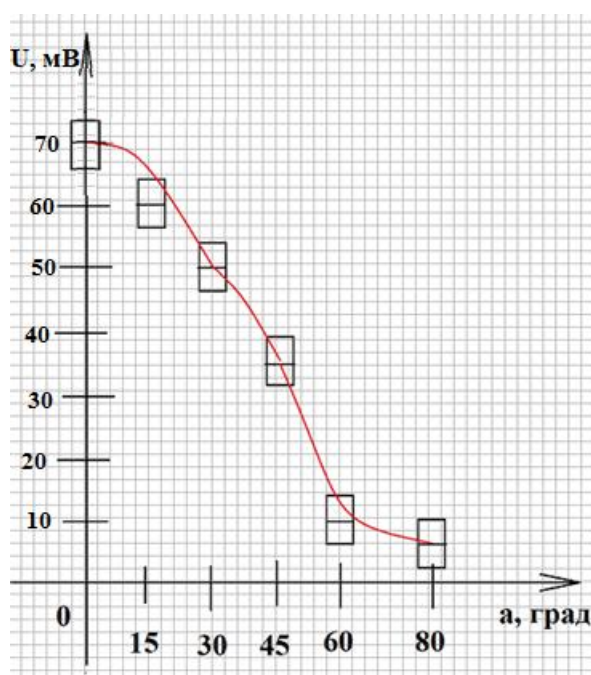


Рис. 4. Диаграмма направленности ультразвукового пучка

По диаграмме направленности прослеживается зависимость приема уровня сигнала от угла наклона передающей пластины к приемной. Максимальный уровень сигнал со схемы приемника осуществляется при угле наклона  $0^\circ$  и составляет 70 мВ.

### Заключение

Разработанный датчик обеспечивает стабильную и безошибочную регистрацию масла, что позволяет точно контролировать наличие или отсутствие масла в системе. Данный метод прост и надежен в эксплуатации.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по эксплуатации/ ВЛ85 Б. А. Тушканов, Н. Г. Пушкарев, Л. А. Позднякова и др. – М.: Транспорт, 1992.– 480 с.: ил., табл.
2. Метода акустического контроля металлов/Н. П. Алёшин, В. Е. Белый, А. Х. Вопилкин и др.: Под ред. Н. П. Алёшин. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.; ил.

3. ГОСТ Р 55725-2013. Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые пьезоэлектрические. Общие технические требования. – Введен 2015-07-01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2013.– VII, 29 с. : ил.

4. ГОСТ Р ИСО 17640-2016 неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль. Технология, уровни контроля и оценки. – Введен 2016-11-01 Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2016.– XI, 34 с. : ил.

#### REFERENCES

1. Manual/ ВЛ85 В. А. Tushkanov, N. G. Pushkarev, L. A. Pozdnyakov, etc. – М.: Transport, 1992.– 480 p.: Il., table.

2. The method of acoustic testing of metals/N. P. Aleshin, V. E. White, A. H. Vopilkin, etc.: ed. P. Aleshin. – М.: Mechanical Engineering, 1989. – 456 p.; Il.

3. GOST R 55725-2013. The control is non-destructive. Ultrasonic piezoelectric transducers. General technical requirements. - Introduced 2015-07-01. - Moscow: Gosstandart of Russia: Publishing House of standards, 2013. - VII, 29 p.: ill.

4. GOST R ISO 17640-2016 non-destructive testing of welded joints. Ultrasonic monitoring. Technology, control and evaluation levels. - Introduced 2016-11-01 State Standard of Russia: Publishing House of Standards, 2016. - XI, 34 p.: ill.

#### Информация об авторах

*Популовский Юрий Станиславович* – обучающийся группы ПСм.-19-1 кафедры «Физика, механика и приборостроение», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [populovskyyury@yandex.ru](mailto:populovskyyury@yandex.ru)

*Портной Александр Юрьевич* – д.ф.-м.н., доцент кафедры «Физика, механика и приборостроение», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [portnoyalex@yandex.ru](mailto:portnoyalex@yandex.ru)

#### Authors

*Yuri Stanislavovich Populovsky* – student of the PSm.-19-1 group of the Department of Physics, Mechanics and Instrument Engineering, Irkutsk State University of Communication Routes, Irkutsk, e-mail: [populovskyyury@yandex.ru](mailto:populovskyyury@yandex.ru)

*Alexander Yurievich Portnoy* – Doctor of Ph. D., Associate Professor of the Department «Physics, Mechanics and Instrumentation», Irkutsk state University of Railway transport, Irkutsk, e-mail: [portnoyalex@yandex.ru](mailto:portnoyalex@yandex.ru)

#### Для цитирования

Популовский Ю.С. *Ультразвуковой датчик контроля уровня жидкости* [Электронный ресурс] / Ю. С. Популовский, А. Ю. Портной // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №12. — Режим доступа: <http://mnv.ircgups.ru/toma/121-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 07.06.2021)

#### For citation

*Populovsky Yu. S., Portnoy A. Yu. Ultrasonic liquid level monitoring sensor. Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 12. [Accessed 07/06/21]