

*И. П. Меркулова<sup>1</sup>, П. А. Широколобова<sup>1</sup>, В. А. Оленцевич<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Иркутский государственный университет путей сообщения*

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ НАД ПОТЕРЕЙ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА**

**Аннотация.** При условии обязательного применения системы управления безопасностью движения в железнодорожной транспортной системе, а также с целью усиления требований к перевозчику грузов в законопроект о работе железнодорожного транспорта внесены изменения, которые включают в себя новые требования – перевозчики обязаны применять систему управления безопасностью движения. На Восточно-Сибирской железной дороге наблюдается снижение уровня безопасности перевозочного процесса на путях необщего пользования и объектах, примыкающих к железнодорожным станциям, основной причиной чему является нежелание собственников указанных структур, исполнять требования, предъявляемые Уставом железнодорожного транспорта. В представленной научной статье с целью реализации данной политики предложено современное интеллектуальное устройство, предназначенное для измерения уровня жидких веществ в железнодорожных цистернах – ультразвуковой уровнемер, оснащённый большим количеством функций автоматизации и основанный на ультразвуковом методе. Принцип действия данного типа уровнемеров основан на использовании явления магнитоstriction. Использование ультразвукового датчика контроля уровня жидкости возможно с целью автоматизации контроля над потерей наливных грузов на сети железных дорог: контроля загрузки, слива, элементов перевозочного процесса и грузов, перевозимых в цистернах. Установка датчиков позволит повысить безопасность движения поездов и производства маневровой работы на объектах железнодорожного транспорта, поскольку позволит заблаговременно получить информацию о наличии неисправности железнодорожных цистерн или о течи из вагонов.

**Ключевые слова:** перевозочный процесс, нарушение безопасности, автоматизация контроля потери наливных грузов, ультразвуковой метод, грузы перевозимые в цистернах, ультразвуковой датчик контроля уровня жидкости, обеспечение сохранности грузов и подвижного состава.

*I. P. Merkulova<sup>1</sup>, P. A. Shirokolobova<sup>1</sup>, V. A. Olentcevich<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Irkutsk State Transport University*

## **AUTOMATION OF CONTROL OVER LOSSES OF BULK CARGOES FOR THE PURPOSE OF INCREASING THE SAFETY LEVEL OF THE RAILWAY TRANSPORTATION PROCESS**

**Annotation.** Subject to the mandatory use of the traffic safety management system in the railway transport system, as well as to strengthen the requirements for the carrier of goods, the draft law on the operation of railway transport has been amended to include new requirements - carriers are obliged to apply the traffic safety management system. On the East-Siberian railway, a decrease in the level of safety of the transportation process on non-public routes and facilities adjacent to railway stations is observed, the main reason for which is the reluctance of the owners of these structures to fulfill the requirements of the Charter of railway transport. In the present scientific article, in order to implement this policy, a modern intelligent device has been proposed for measuring the level of liquid substances in railway tanks - an ultrasonic level gauge equipped with a large number of automation functions and based on the ultrasonic method. The principle of operation of this type of level gauges is based on the use of the phenomenon of magnetostriction. The use of an ultrasonic sensor to control the level of a liquid is possible with the aim of automating the control over the loss of bulk cargoes on the railway network: control of loading, discharge, elements of the transportation process and loads carried in tanks. Installation of sensors will improve the safety of trains and shunting at the facilities of railway transport, as it will allow in advance to obtain information about the presence of a malfunction of railway tanks or about leaks from the cars.

**Keywords:** transportation process, violation of security, automation of control of loss of bulk cargo, ultrasonic method, cargo carried in tanks, ultrasonic sensor for monitoring the level of liquid, ensuring the safety of goods and rolling stock.

## **Введение**

Политика Министерства транспорта Российской Федерации (РФ) направлена на включение в закон «О железнодорожном транспорте» требований об обязательном применении системы управления безопасностью движения. Проект законопроекта включает в себя новые требования к перевозчику грузов – перевозчики будут обязаны применять систему управления безопасностью движения, разработанную в соответствии с правилами, установленными правительством. Целью данного проекта является «создание единого порядка управления безопасностью движения на железнодорожном транспорте РФ и обеспечение стабильной и устойчивой работы железнодорожного транспорта в целом».

### **Основные причины утраты объема нефти и нефтепродуктов при перевозке**

На Восточно-Сибирской железной дороге за три последних года наблюдается низкий уровень безопасности перевозочного процесса на подъездных путях и объектах, примыкающих к железнодорожным станциям. Основной причиной чему является нежелание собственников указанных структур, пользователей услугами железнодорожного транспорта исполнять требования, предъявляемые Уставом железнодорожного транспорта и прочих нормативных документов, определяющих бесперебойную деятельность отрасли [1]. Данная проблема оказывает огромное влияние на безопасность перевозочного процесса в сфере грузовых перевозок. Так количество вагонов, которое было повреждено на подъездных путях общего и необщего пользования за прошедший период 2018 года составляет 289 вагонов, а также зафиксированы неоднократные случаи несанкционированного движения поездов.

Можно выделить три главных нарушения безопасности перевозочного процесса на подъездных путях и объектах, примыкающих к железнодорожным станциям:

- пропущенный тоннаж;
- эксплуатация неисправного подвижного состава;
- низкое качество подготовки специалистов.

В сумме данные причины приводят к следующей неблагоприятной статистике: в этом году на Западно-Сибирской, Красноярской и Восточно-Сибирской железных дорогах в общем зафиксировано почти 300 сходов грузовых вагонов, при этом надо отметить, что только 7 случаев на путях общего пользования. На особом учете стоят случаи нарушения безопасности перевозочного процесса на подъездных путях и объектах с участием грузов повышенной опасности.

Согласно отчетным данным в процессе перевозки от общего объема нефти и нефтепродуктов теряется до 1% в год. К основным причинам утраты данного рода груза, можно отнести: 22,5% – потери при начально конечных операциях в вагоны, потери от утечек грузов в пути следования из-за негерметичности используемого подвижного состава, 34% потери при испарении грузов, 40% – случаи хищения, 3,5% – аварии и прочее.

Указанные выше проблемы, связанные с потерями нефти и нефтепродуктов, являются основными показателями, характеризующими техническое несовершенство существующего алгоритма технологических операций, начиная от транспортировки и заканчивая реализацией данного рода груза [2,3].

### **Автоматизация контроля над потерей наливных грузов на сети железных дорог**

С целью автоматизации контроля над потерей наливных грузов на сети железных дорог: контроля загрузки, слива и самого перевозочного процесса грузов, перевозимых в цистернах, возможно и целесообразно использование ультразвукового датчика контроля уровня жидкости – это современное интеллектуальное устройство, предназначенное для измерения уровня жидких веществ [4]. Существующие, используемые на автомобильном транспорте европейских государств приборы – ультразвуковые уровнемеры жидкости, оснащены большим количеством функций автоматизации, основаны на ультразвуковом методе, не имеют в своей конструкции частей, непосредственно соприкасающихся с продуктом измерения.

Измеритель уровня типа NivoTrack хорошо адаптирован для коммерческого учета различного рода жидкостей. Данный уровнемер долго и надежно работает в агрессивных

средах и при низких температурах, обеспечивая в таких условиях точность измерения до десятых долей миллиметра. На рис. 1 представлен общий вид магнитострикционного датчика NivoTrack.



**Рис. 1. Магнитострикционный датчик уровня жидкости в железнодорожных цистернах типа NivoTrack**

Представленный прибор относится к типу магнитострикционных поплавковых измерителей уровня, используется в основном для непрерывного определения уровня продукта, т.к. обладают высоким быстродействием. Различные исполнения дают возможность применения во взрывоопасных и агрессивных средах при различных температурных уровнях эксплуатации.

В приборе реализованы возможности связи по цифровому протоколу HART и стандартной токовой петле на аналоговом выходе, программирование возможно проводить дистанционно либо на месте.

**Технико-экономические преимущества использования магнитострикционных уровнемеров**

У представленного магнитострикционного уровнемера имеется свой ряд достоинств и преимуществ:

- высокая точность и разрешающая способность измерения, вплоть до долей миллиметра;
- непрерывное измерение уровня, обусловленное высоким быстродействием прибора;
- надежность и отказоустойчивость выше по сравнению с многими бесконтактными приборами;
- работа при низких температурах;
- относительно низкая цена;
- качественная работа с агрессивными материалами;
- возможность применения в качестве датчика уровня;
- применение для коммерческого учета;
- срок гарантии пять лет.

Магнитострикционные уровнемеры NivoTrack успешно применяются с пенящимися жидкостями и хорошо подходят для измерения в небольших емкостях и в процессе коммерческого учета. Предназначен для высокоточного измерения уровня жидких продуктов: мазут; бензин; нефть и нефтепродукты; спирты и пр.

В таблицу 1 сведены основные технические характеристики магнитострикционного датчика уровня нефти и нефтепродуктов в цистернах типа NivoTrack.

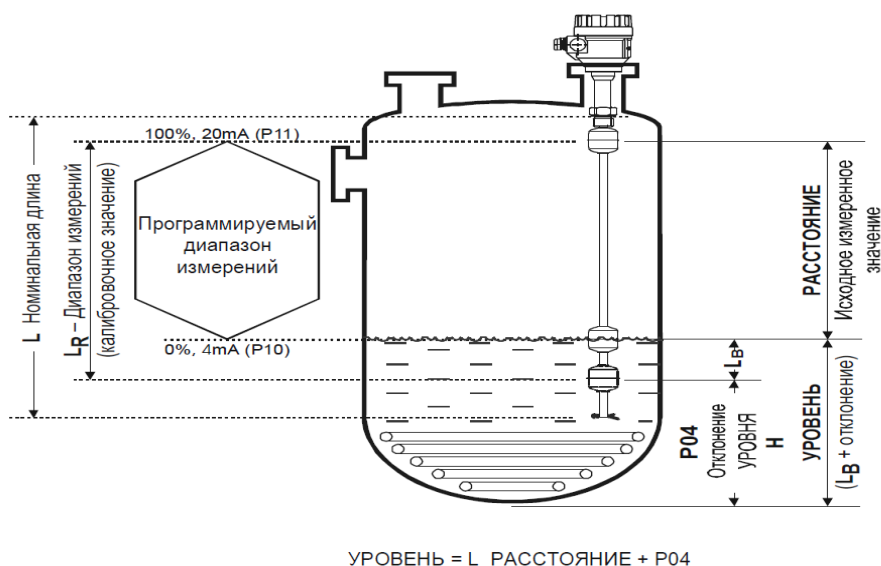
Таблица 1

**Технические характеристики датчика уровня жидкости в цистернах NivoTrack**

Модификация	МТК-500 с гибким зондом
Измеряемый параметр	Уровень жидкости, расстояние, объем
Номинальная длина (L)	2...15 м
Максимальное давление среды	1,6 МПа (16 бар)
Температура продукта	-40°С...+90°С, см. диаграмму
Разрешение	0,1 мм или 1 мм
Коэффициент температуры	0,04 мм/10°С (-40°С...+70°С)
Диаметр/материал стандартного	Шар Ø95мм / 1.4404

поплавок	
Плотность среды	В зависимости от используемого поплавка
Температура окружающей среды	-40°C...+70°C, пластиковый корпус: -25°C...+70°C, с дисплеем: -25°C...+70°C
Индикация ошибки	22 мА или 3,8 мА или фиксация
Электропитание	12,5...36 В постоянного тока
Электрическая защита	Класс III
Защита от внешних воздействий	IP 67
Технологические соединения	В соответствии с кодом заказа
Электрические соединения	Кабельная муфта М20х1,5, наружный диаметр кабеля: d=6...12 мм, сечение провода: макс. 1,5 мм <sup>2</sup>
Корпус	Окрашенный алюминиевый или пластиковый
Масса	2,9 кг + масса зонда: 0,3 кг/м + противовес: 3,5 кг

Принцип действия данного типа уровнемеров основан на использовании явления магнестрикции, характерном для ферромагнитных материалов (железо, никель, кобальт, ряд сплавов), волновод датчика выполняется из ферромагнитного материала, зонд с волноводом погружается в контролируемую среду. Поплавок со встроенными магнитами имеет возможность свободно перемещаться вдоль волновода (зонда) в соответствии с уровнем жидкости в резервуаре. Принцип действия магнестрикционного датчика уровня жидкости в железнодорожных цистернах представлен на рис. 2.



**Рис. 2.** Принцип действия магнестрикционного датчика NivoTrack

Принцип действия устройства: электронный блок датчика генерирует импульс тока, протекающего по волноводу. Ток создает вокруг волновода концентрическое магнитное поле. В том месте, где поле волновода-проводника взаимодействует с полем постоянных магнитов, встроенных в поплавок, возникает торсионное (скручивающее волновод) усилие, приводящее к местной деформации материала волновода. В силу упругих свойств материала волновода, деформация начинает распространяться в виде волны в обе стороны с ультразвуковой скоростью. На нижнем конце волновода волна затухает, а на верхнем – фиксируется специальным устройством. По времени запаздывания прихода волны относительно момента формирования импульса тока можно судить о расстоянии до поплавка, то есть до поверхности жидкости в резервуаре.

Использование описанных выше физических принципов создает очевидные преимущества магнестрикционных уровнемеров:

– отсутствие механических связей между движущимися частями устройства обеспечивает высокую отказоустойчивость и надежность и минимизирует эксплуатационные затраты;

– измерение уровня происходит посредством измерения временных промежутков, этим обеспечивается высочайшая разрешающая способность и точность измерений;

– поскольку импульс тока и волна механической деформации распространяется по проводнику волновода, состояние окружающей и контролируемой сред очень мало влияет на результаты измерений. Устройство может работать при высоких температурах и давлениях среды, при кипении жидкости и газообразовании в резервуаре;

– внешние механические воздействия не могут вызывать торсионных деформаций волновода, поэтому результаты измерений мало зависят от вибраций, толчков, ударов и акустических воздействий на датчик.

Прибор должен быть установлен в зоне, которая обеспечивает легкий доступ к прибору для проведения технического обслуживания, калибровки и контроля состояния. Образование волн, турбулентность и сильная вибрация влияют на точность измерений. Таким образом, прибор должен быть установлен на максимальном удалении от узлов заполнения и дренирования емкости. Улучшить точность измерения при наличии вышеописанных проблем можно, установив жесткий зонд в неподвижную трубу, которая будет защищать зонд по всей его длине.

Стоимость одного датчика NivoTrack с учетом стоимости комплекта систем для подключения, рассчитанных на 5 датчиков, составляет 165 тыс. рублей с учетом транспортных расходов и монтажа. Итого – 34668 тыс. руб

Годовые эксплуатационные расходы на содержание датчиков уровня жидкости в цистернах будут включать:

2540,35 тыс.рублей – дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с оплатой труда операторов;

772,16 тыс.рублей – эксплуатационные расходы на социальные нужды

1386,72 тыс.рублей – дополнительные эксплуатационные расходы на материалы и техническое обслуживание

3120,12 тыс.рублей – дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с амортизационными отчислениями

Общие затраты на содержание датчиков уровня жидкости в цистернах NivoTrack составят 8019,08 тыс.рублей.

### **Заключение**

Установка датчиков позволит повысить безопасность движения поездов и производство маневровой работы на объектах железнодорожного транспорта, поскольку позволит заблаговременно получить информацию о наличии неисправности цистерн или о течи из вагонов. А также позволит обеспечить сохранность грузов и подвижного состава.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Оленцевич В.А., Гозбенко В.Е. Анализ причин нарушения безопасности работы железнодорожной транспортной системы // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 1. – С. 87–90.

2. Оленцевич В.А., Туранов Х.Т. Моделирование технологии креплений груза в вагоне при воздействии пространственной системы сил // Транспорт Урала. 2010. №. 2. – С. 35–38.

3. Оленцевич В.А., Оленцевич А.А. Оценка качества организации производственных систем железнодорожного транспорта // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: образование-наука-производство. 2017. Т. 1. С. 329–334

4. Носков С.И., Базилевский М.П., Оленцевич В.А. Математическая модель оценки безопасности перевозочного процесса на региональном уровне // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: Иркутск: ИрГУПС, 2014. Т. 1. С. 537–542.

## REFERENCES

1. Olentsevich V.A., Gozbenko V.Ye. Analiz prichin narusheniya bezopasnosti raboty zheleznodorozhnoy transportnoy sistemy [Analysis of the causes of violation of the safety of the railway transport system]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye*. 2013. No 1. – pp. 87–90.
2. Olentsevich V.A., Turanov K.H.T. Modelirovaniye tekhnologii kreplenyi gruz v vagone pri vozdeystvii prostranstvennoy sistemy sil [Modeling technology securing cargo in the car when exposed to a spatial system of forces]. *Transport Urala*. 2010. No. 2. – pp. 35–38.
3. Olentsevich V.A., Olentsevich A.A. Otsenka kachestva organizatsii proizvodstvennykh sistem zheleznodorozhnogo transporta [Quality assessment of the organization of production systems of railway transport]. *115 let zheleznodorozhnomu obrazovaniyu v Zabaykal'ye: obrazovaniye-nauka-proizvodstvo*. 2017. T. 1. pp. 329–334.
4. Noskov S.I., Bazilevskiy M.P., Olentsevich V.A. Matematicheskaya model' otsenki bezopasnosti perevozochnogo protsessa na regional'nom urovne [Mathematical model for assessing the safety of the transportation process at the regional level]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona: Irkutsk: IrGUPS*, 2014. T. 1. pp. 537–542.

## Информация об авторах

*Оленцевич Виктория Александровна* - к. т. н., доцент кафедры «Экономика и управление на железнодорожном транспорте», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olencevich\_va@irgups.ru.

*Меркулова Ирина Павловна* - обучающийся, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ipmerkulova@bk.ru.

*Широколобова Полина Андреевна* - обучающийся, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.

## Authors

*Olentsevich Viktoria Alexandrovna* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Economics and Management at Railway Transport, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, e-mail: olencevich\_va@irgups.ru

*Merkulova Irina Pavlovna* – student, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk, e-mail: ipmerkulova@bk.ru.

*Shirokolobova Polina Andreevna* – student, Irkutsk State University of Communications, Irkutsk.

## Для цитирования

Меркулова, И. П. Автоматизация контроля над потерей наливных грузов с целью повышения уровня безопасности железнодорожного перевозочного процесса [Электронный ресурс] / И. П. Меркулова, П. А. Широколобова, В. А. Оленцевич // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2018. — №2. — Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/22-2018>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 29.12.2018)

## For citation

Merkulova I. P., Shirokolobova P. A., Olentsevich V. A. *Avtomatizatsiya kontrolya nad poterej nalivnyh gruzov s cel'yu povysheniya urovnya bezopasnosti zheleznodorozhnogo perevozochnogo processa* [Automation of control over losses of bulk cargoes for the purpose of increasing the safety level of the railway transportation process]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2018, no. 2. [Accessed 29/12/18]