

23. Паспорт национального проекта «Безопасные и качественные дороги» [Электронный ресурс] // Официальный интернет-сайт национального проекта «Безопасные и качественные дороги». URL: <https://bkdrf.ru/uploads/doc/паспорт%20национального%20проекта.pdf> (дата обращения: 18.05.2020).

24. Паспорт программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Официальный интернет-сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/natsionalnaya-programma-tsifrovaya-ekonomika-rossijskoj-federatsii_NcN2nOO.pdf (дата обращения: 18.05.2020).

25. Талавира А.Ю. Обзор современных тенденций развития городских и автомагистральных АСУДД // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 5. СПб.: СПОИСУ, 2018. С. 287–290.

УДК 65.011.56

doi:10.18720/SPBPU/2/id20-178

Холин Антон Александрович,
аспирант

**ВОПРОСЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ
ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
РАСЧЕТА МАССЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ
ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия,
anton.kholin@me.com

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема вычисления относительной погрешности при измерении массы груза для обеспечения контроля качества и количества при транспортировке нефти и нефтепродуктов с использованием железнодорожных цистерн. Применяется при использовании вычисления массы груза косвенным методом статических измерений.

Ключевые слова: транспортировка нефти и нефтепродуктов, железнодорожные перевозки, расчет массы нефтепродуктов.

Anton A. Kholin,
Postgraduate Student

**ISSUES OF CALCULATION OF THE RELATIONS FOR RELATIVE
ERROR OF MEASUREMENTS FOR AUTOMATION OF
CALCULATION OF OIL PRODUCT WEIGHT WHEN
TRANSPORTING WITH USE OF RAILWAY TANKS**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Higher School of Cyberphysical Systems and Management,
St. Petersburg, Russia,
anton.kholin@me.com

Abstract. This article discusses the problem of calculating the relative error in measuring the mass of the cargo in order to ensure quality and quantity control during transportation of oil and oil products using railway tanks. It is used when using the calculation of the mass of the cargo by the indirect method of static measurements.

Keywords: transportation of oil and oil products, rail transportation, calculation of the mass of oil products.

Введение

Развитие экономики непосредственно связано с потреблением энергоносителей и в первую очередь, нефтепродуктов. Все виды промышленности используют огромное количество видов горюче-смазочных материалов. От своевременной поставки нефтепродуктов зависит бесперебойная работа всех отраслей экономики. Доставка нефтепродуктов имеет много вариантов осуществления в разрезе выбора метода транспортировки: водные пути доставки, трубопроводы, автотранспорт и доставка по железной дороге. Различные виды транспорта применяются в зависимости от объема перевозок и видов нефтепродуктов, расположения нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих заводов. Основная цель, которая преследуется при выборе вида транспорта: сокращение сроков доставки при минимальных затратах.

Наиболее массовым методом транспортировки нефтепродуктов является железнодорожный транспорт. Более 40 % всей транспортировки нефти и нефтепродуктов производится по железным дорогам в вагонах-цистернах. Главным аргументом для применения перевозок железнодорожным транспортом для этого вида груза является возможность функционирования вне зависимости от сезона, поэтому большинство распределительных станций находятся вблизи железнодорожных магистралей.

1. Постановка задачи

1.1. Описание предметной области

Для перевозки нефтепродуктов используются цистерны различной грузоподъемности, в основном 25, 50, 60, 90 и иногда 120 тонн [1]. Наиболее популярны 50 и 60-тонные цистерны, оснащенные пружинными предохранительными клапанами для контроля давления и специальными сливными горловинами, обеспечивающими контроль над сливом груза. Однако некоторые проблемы при определении точного количества груза при погрузке и сливе заставляют прикладывать усилия к разработке и автоматизации новых, более точных и удобных, методов определения массы груза. Для измерения массы нефти (по ГОСТ Р 51858), ста-

бильного конденсата (по ОСТ 51.65), нефтепродуктов, в том числе мазута (по ГОСТ 10585), при отгрузке в железнодорожные цистерны используют косвенный метод статических измерений [2, 4].

Для измерения массы продукта в цистерне или в группе цистерн с продуктом одной марки требуется установить уровень налива продукта, для чего используют метршток или измерительную рулетку с грузом. При наличии подтоварной воды ее уровень также измеряют метрштоком, для этого наносится слой водочувствительной пасты на шкалу в нижней части метрштока. При измерении рулеткой с грузом слой водочувствительной пасты наносится на шкалу груза [3]. Уровень вязкой нефти и мазута в цистерне допускается определять по результатам измерений метрштоком или измерительной рулеткой с грузом референтной высоты цистерны и пустоты, измеренной от верхнего края фланца горловины налива цистерны до поверхности вязкого продукта. При этом вязкий продукт должен находиться в цистерне в жидком состоянии. Объемы подтоварной воды или продукта можно определять с помощью калибровочной таблицы, установленной для каждого вида цистерны, используя произведенные измерения уровней подтоварной воды и продукта. Полученные объемы соответствуют вместимости цистерны, определенной при температуре, равной 20 °С [3, 4].

1.2. Расчет пределов относительной погрешности

Одной из важнейших проблем при определении массы груза является расчет пределов относительной погрешности измерений [4]. Для вычисления пределов относительной погрешности при измерении массы продукта используется формула (1):

$$\delta_{mi} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta_{vi}}{1,1}\right)^2 + G_i^2 \cdot d_i^2}, \quad (1)$$

где i – номер цистерны, δ_{vi} – пределы относительной погрешности измерений объема продукта в %.

Коэффициент G_i , находится по формуле (2)

$$G_i = \frac{1 + 2 \cdot \beta_i \cdot T_{ci}}{1 + 2 \cdot \beta_i \cdot T_{pi}}, \quad (2)$$

где T_{pi} – температура продукта, измеренная в лаборатории, °С.

T_{ci} – температура продукта, измеренная в цистерне, °С.

Коэффициент d_i находят по формуле (3)

$$d_i = \frac{(V_o^z)_{ii}}{[(V_o^z)_i - (V_o^B)_i]} \cdot \sqrt{\delta\rho_i^2 + \beta_i^2 \cdot 10^4 \cdot \Delta T_{\rho i}^2}, \quad (3)$$

здесь $\delta\rho_i$ – относительная погрешность при измерении в лаборатории плотности продукта, кг/м³;

β_i – коэффициент объемного расширения продукта.

$\Delta T_{\rho i}$ – абсолютная погрешность измерения температуры продукта в лаборатории, °С;

Значение $\delta\rho_i$ вычисляется по формуле (4)

$$\delta\rho_i = \frac{\Delta\rho_i}{\rho_i} \cdot 100, \quad (4)$$

ρ_i – плотность продукта, измеренная в лаборатории, кг/м³;

$\Delta\rho_i$ – абсолютная погрешность измерения плотности продукта в лаборатории, кг/м³.

Поскольку для повышения точности при автоматизации вычислений массы груза используется метод последовательных приближений, являющийся одним из итерационных способов построения решения, приходится учитывать, что применение подобного метода ведет к получению точного значения при условно бесконечном количестве применений. Поэтому проблемой при программном решении является определение допустимой точности без потери времени и вычислительных мощностей для получения избыточной точности.

На практике при вычислении массы груза применяется от 4 до 8 итераций для расчета одной величины, чего вполне хватает для получения допустимой с точки зрения ГОСТ Р 8.903-2015, регулирующего методики измерения массы нефти и нефтепродуктов [5].

Данный метод расчетов позволяет реализовать контроль погрешности результатов измерения при расчете массы нетто нефти, стабильного конденсата и вязкого продукта.

Использование данного метода применяется, как правило, грузополучателем при контроле выгрузки или промежуточной перегрузке продукта, поскольку контроль при отгрузке производителем, согласно сложившейся практике, осуществляется с помощью железнодорожных весов различного типа для статического и динамического взвешивания железнодорожных вагонов.

Заключение

В работе представлен один из известных методов вычисления пределов относительной погрешности измерений при автоматизации расчета массы нефтепродуктов при транспортировке с использованием железнодорожных цистерн. Приведено описание методик измерения массы нефти и нефтепродуктов косвенным методом статических измерений.

Сделаны выводы относительно процесса применения рассматриваемой методики для повышения точности расчета, удовлетворяющей требованиям ГОСТ Р 8.903-2015.

Список литературы

1. Таблицы калибровки железнодорожных цистерн. М.: ТРАНСИНФО, 2007. 131 с.
2. ПМГ 65–2003 ГСИ. Цистерны железнодорожные. Общие технические требования к методикам поверки объемным методом.
3. Рекомендации по метрологии Р 50.2.075-2010. ГСИ. Нефть и нефтепродукты. Лабораторные методы измерений плотности, относительной плотности и плотности в градусах API.
4. Рекомендации по метрологии Р 50.2.076-2012. ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения.
5. ГОСТ Р 8.903-2015 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Масса нефти и нефтепродуктов. Методики (методы) измерений.

УДК 656, 007; 004.81, 614.8; 007; 51-7, 351.81; 351.78; 621.396.21; 004.42
doi:10.18720/SPBPU/2/id20-179

Селиверстов Ярослав Александрович^{1,2},
стар. науч. сотр., студент магистратуры 2-го года обучения

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ И УЛИЧНО-ДОРОЖНЫХ СЕТЕЙ

¹ ИПТ РАН, лаборатория ИТС, Санкт-Петербург, Россия,

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Институт компьютерных наук и технологий, Санкт-Петербург, Россия,
^{1,2} seliverstov-yr@mail.ru

Аннотация. В работе исследуются возможность использования мобильных приложений для контроля качества городской среды, улично-дорожных сетей и транспортного обслуживания населения. Производится анализ зарубежных и российских технических решений и уточняется набор функциональных пользовательских особенностей разрабатываемого приложения. На основе проведенного интернет опроса в среде Google Forms определяется степень востребованности приложения пользователями и определяется предпочтительный набор функций. В качестве операционной системы, под которую будет разрабатываться мобильное приложение, выбирается iOS. Для разработки мобильного приложения на платформе iOS выбирается архитектура Clean Swift. Разрабатываются и отбираются критерии-маркеры для оценки качества городской среды и улично-дорожных сетей. В качестве модели жизненного цикла выбирается модель Scrum. Осуществляется разработка и тестирование приложения в среде X-Code на Swift. Модуль для анализа данных пишется на Python_3. Производится тестирование приложения в среде TestFlight. Обозначаются ориентиры дальнейшего