

УДК 658.563:665.71

Канд. техн. наук А. Г. ГОДНЕВ, д-р техн. наук С. Н. НАУМЕНКО

КОММЕРЧЕСКИЙ УЧЕТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТОПЛИВНЫХ СКЛАДАХ ОАО «РЖД»

Ключевые слова: нефтепродукты; топливной склад; технология коммерческого учета

Филиал ОАО «РЖД» — Росжелдорснаб начиная с 2009 г. способен с высокой точностью формировать баланс топлива по каждому складу в соответствии с разработанной по инициативе ОАО «ВНИИЖТ» и реализованной на топливных складах ОАО «РЖД» технологией автоматизированного коммерческого учета светлых нефтепродуктов (НП).

Технология базируется на оснащении топливных складов высокоточными системами учета, в первую очередь массовыми топливораздаточными колонками (ТРК) типа УТЭД, и системой УИП-9602 (Гамма), реализующей косвенный статический метод измерений массы по ГОСТ Р 8.595 – 2004, а также объединяющим их работу многофункциональным программным продуктом марки АСКУ НБ (автоматизированная система коммерческого учета для нефтебазы), реализующим модель линейной регрессии при проведении учетных операций с нефтепродуктом (НП).

Суть указанной модели, позволяющей формировать с высокой точностью топливный баланс склада, приведена ниже.

В реальных условиях хозяйствования топливных складов, в том числе топливных складов ОАО «РЖД», на точность определения массы хранящихся в резервуарах нефтепродуктов влияет целый ряд факторов.

Во-первых, высокоточные результаты измерений, полученные с датчико-преобразующей аппаратурой, не обеспечивают высокоточный результат вычисления массы НП в резервуаре, так как не принимается во внимание стабильность градуировочных характеристик самого резервуара как средства измерения в зависимости от воздействия на него температуры окружающей среды, величины снежного покрова на крыше, утонения стенок резервуара от ржавления, величины наполнения и т. п. Кроме того, математическая модель погрешности вычисления массы НП, описан-

ная в ГОСТ Р 8.595 – 2004 [1], практически не учитывает влияние многих дестабилизирующих факторов на величину погрешности градуировочных характеристик.

Во-вторых, такие параметры, как температура и плотность НП, являются настолько переменными величинами по высоте и сечению резервуара, что даже их высокоточное измерение очень часто не отражает их среднестатистического значения по всему объему НП, находящихся в резервуаре, что в свою очередь, естественно, приводит к большой погрешности вычисления массы.

И в-третьих, при расчете массы НП важную роль играет правильность установки, расположения датчиков на резервуаре. Так, например, близкое расположение датчиков плотности, температуры, давления к стенкам или днищу резервуара обязательно приводит к большим расхождениям между массой, вычисляемой на основе результатов измерения, и фактической массой, хранимой в резервуаре.

В указанной выше технологии применен метод повышения точности вычисления хранимой массы НП на основе корреляционной связи между результатами измерений при отпуске нефтепродуктов через ТРК и фактическими измерениями уровня и плотности НП в резервуаре.

Как известно, погрешность измерения отпускаемой дозы НП потребителю через массовый расходомер (ТРК) не превышает $\alpha = \pm 0,25\%$. В узле учета ТРК фиксируются результаты измерений для товарно-транспортной накладной (ТТН), которые далее передаются в бухгалтерию, и именно на основе этих измерений формируются за отчетный период так называемые книжные остатки, представляющие собой зафиксированную в бухгалтерских документах разницу между хранимой и поступившей за отчетный период массой НП в резервуаре за вычетом отпущенной через ТРК массы.

Поскольку два измерения одной и той же величины массы НП (прошедшей через ТРК и отобранный из резервуара) коррелированы между собой, то, очевидно, возникает возможность уменьшения погрешности вычисления массы НП, отпускаемой из резервуара, за счет ее точного измерения узлом учета ТРК и одновременно с заданной вероятностью и погрешностью определения величины массы НП, оставшейся в резервуаре.

Известно, что теория корреляции относится к решению задачи обоснованного прогноза, т. е. к указа-

A. G. Godnev, S. N. Naumenko. Commercial accounting of oil-products at fuel storages of JSC «RZD»

The algorithm and program for automated system of commercial accounting of diesel engine oil enabling to minimize amount of disbalance between bookkeeper residues and real results of measurements when reception, storing and release of oil-products are elaborated.

Keywords: oil-products; fuel storage; technology of commercial accounting

нию пределов, в которых с заданной надежностью будет содержаться интересующая нас величина, если другие связанные с ней величины получают определенные значения.

Начальные условия поставленной задачи формулируются следующим образом.

Предположим, что масса нефтепродукта Y , хранимого в резервуаре, зависит в среднем (без учета случайной погрешности измерения массы НП с помощью узла учета ТРК и зафиксированной в бухгалтерских документах) линейно от аргумента X . Это означает, что для математического ожидания Y при данном значении X имеем уравнение регрессионной прямой

$$M(Y/X) = \alpha + \beta X, \quad (1)$$

где X — некая масса дизельного топлива, экипированного в бак тепловоза; Y — некая масса дизельного топлива, отобранная из резервуара; α и β — коэффициенты регрессии.

Задача состоит в том, чтобы на основе точных измерений ТРК установить наиболее близкое соответствие между экипируемой массой m , объемом V и плотностью ρ и забираемой из резервуара массой m^1 , объемом V^1 и плотностью ρ^1 . При этом, когда по бухгалтерским документам из резервуара должно быть реализовано все топливо или его часть (на момент инвентаризации), фактическая масса топлива в резервуаре должна соответствовать «книжным остаткам». В идеальном случае уравнение (1) должно иметь вид $M(Y/X) = \beta X$, т. е. $\alpha = 0$, а $\beta = 1$, и прямая регрессии должна пройти через начало координат.

Программа АСКУ НБ по отпускаемым дозам X формирует уравнение регрессии и с каждой экипировкой локомотива производит прогноз выполнения условия: $\alpha = 0$, $\beta = 1$.

В силу воздействия неучтенных случайных факторов на градировочную характеристику резервуара и измеряемую среднестатистическую плотность $\bar{\rho}$ отдельные наблюдения Y будут в большей или меньшей мере отклоняться от функции регрессии. В этом случае уравнение взаимосвязи двух переменных представим в виде

$$Y = f(X) + \varepsilon,$$

где ε — случайная переменная, характеризующая отклонение от функции регрессии $f(X)$.

Однако, чтобы реализовать вышеописанную математическую модель, необходимо выполнить следующие постулаты регрессионного анализа:

1. Возмущение ε_i (или зависимая переменная Y_i) есть величина случайная, а переменная X_i — величина неслучайная (масса топлива, экипированного в локомотив, фиксируется в ТТН без погрешности, т. е. это абсолютная истина);

2. Математическое ожидание возмущения ε_i равно нулю:

$$M(\varepsilon_i) = 0;$$

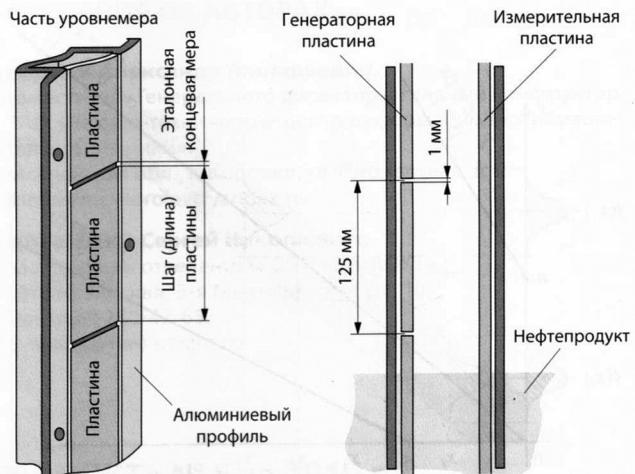


Рис. 1. Фрагмент уровнемера системы УИП-9602 (Гамма)

3. Дисперсия возмущения ε_i постоянна для любого i :
 $D(\varepsilon_i) = \sigma^2$

или $D(Y) = \sigma^2$ — условие равнозначности возмущения (зависимой переменной);

4. Возмущения ε_i и ε_j (или переменные Y_i и Y_j) не коррелированы:

$$M(\varepsilon_i; \varepsilon_j) = 0 \quad (i \neq j);$$

5. Возмущение ε_i (или зависимая переменная Y_i) есть нормально распределенная случайная величина.

Из пяти перечисленных условий наиболее жестким является третье. Однако это жесткое условие выполняется в системе коммерческого учета нефтепродуктов UIP-9602 (Гамма) за счет запатентованной конструкции уровнемера [2].

Каждый метр уровнемера разбит на восемь поддиапазонов, каждый из которых оканчивается эталонной концевой мерой с погрешностью срабатывания $\delta = \pm 0,5$ мм (рис. 1).

Генераторные электроды длиной 125 мм выполняются путем фотолитографии на фольгированном гетинаксе с погрешностью размеров в несколько микрон.

Таким образом, весь 12-метровый диапазон измерения в резервуаре РВС-1000 м³ разбит на 96 поддиапазонов. Дисперсию σ измерения массы Y в каждой такой объемной ячейке практически можно считать постоянной от отпускаемой массы X .

То есть программа АСКУ НБ фиксирует прохождение уровня через одну концевую меру, затем через вторую и сравнивает с результатами (объем, плотность, масса), полученными с узла учета ТРК. В идеале все измеряемые параметры (не будь ошибок в градировке, измерениях ρ) должны были бы совпадать. Расхождение между результатами измерений на ТРК и по резервуару (для РВС-1000 м³ при экипировке 12500 л — объем НП между эталонными концевыми мерами в уровнемере) не должно превышать: по объему $\Delta V \approx 0,8\%$, по плотности $\Delta \rho \approx 0,1\%$, по массе

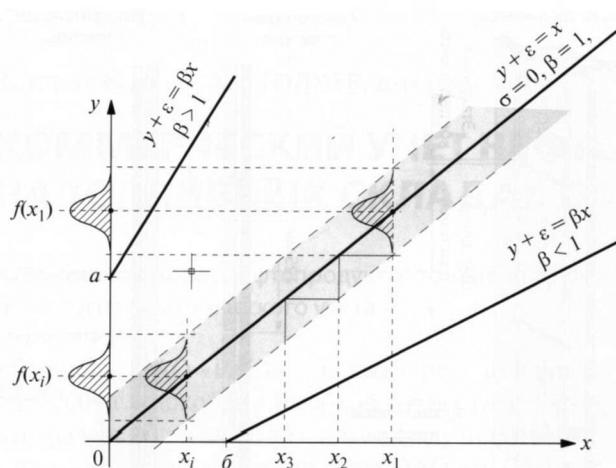


Рис. 2. Ход линии регрессии при отпуске топлива через ТРК

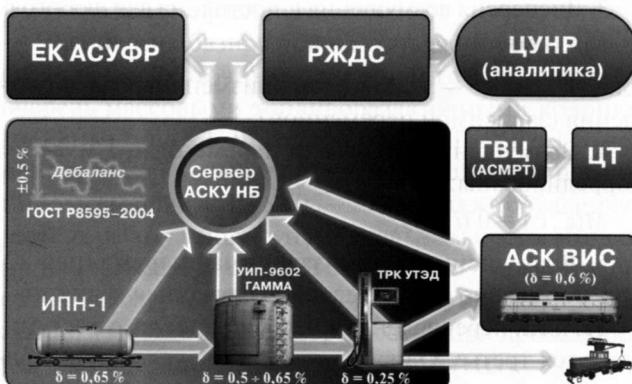


Рис. 3. Пилотный проект системы АСКУ ДТ на ст. Дно Октябрьской железной дороги

ЕК АСУФР — единая корпоративная автоматизированная система управления финансами и ресурсами ОАО «РЖД»; РЖДС — Росжелдорснаб — филиал ОАО «РЖД»; ЦУНР — Управление планирования и нормирования материально-технических ресурсов ОАО «РЖД»; ГВЦ — главный вычислительный центр ОАО «РЖД»; ЦТ — дирекция тяги ОАО «РЖД»; ИПН-1 — измеритель параметров нефтепродуктов (разработка Нижегородского отделения ОАО «ВНИИЖТ»); УИП-9602 Гамма — автоматизированная подсистема учета светлых нефтепродуктов (совместная разработка ОАО «ВНИИЖТ» и ООО «ИИТ»); ТРК УТЭД — топливораздаточная колонка светлых нефтепродуктов типа УТЭД (совместная разработка ОАО «ВНИИЖТ» и ОАО «Промприбор»); АСК ВИС — автоматизированная подсистема непрерывного удаления контроля параметров локомотивов (совместная разработка ПГУПС и ООО «ТехноВИС»); АСМРТ — автоматизированная информационная подсистема мониторинга работы тепловозов (разработка ОАО «НИИАС»); АСКУ НБ — подсистема автоматизированного коммерческого учета и управления технологическими процессами на нефтебазах (совместная разработка ОАО «ВНИИЖТ» и ООО «ИИТЖДТ»).

$\Delta m \approx 1\%$. При экипировке 3–4 локомотивов ($\sim 40\,000 - 60\,000$ л) расхождение между ТРК и результатами измерений по резервуару должно обеспечивать сходимость результатов не хуже $\sigma = \pm 0,2\%$ по массе.

Таким образом, произведя заправку 3–4 локомотивов, программа АСКУ НБ рассчитывает ход линии регрессии. В зависимости от прогноза (который при

каждой последующей экипировке уточняется) вносится корректировка в пределах $\pm 0,5\%$ в результаты измерения массы НП, отпущенной через ТРК, которая регистрируется в товарно-транспортной накладной (ТТН), с таким расчетом, чтобы к терминалному моменту (резервуар пуст) «книжные остатки» и фактические измерения массы НП в резервуаре были равны между собой, т. е. $X = Y = 0$.

Вместе с тем многократно вымеренный объем в резервуаре между концевыми эталонными мерами позволяет контролировать и стабильность метрологических характеристик по объему и самой ТРК. Так, например, если по мере отпуска нефтепродуктов разница между результатами измерений узла учета ТРК и объемами между эталонными концевыми мерами постоянно увеличивается, превышая установленные пределы погрешности, то ТРК либо переливает ($\beta > 1$), либо недоливает ($\beta < 1$) нефтепродукт при его отпуске (рис. 2). В этом случае следует использовать эталонный мерник для тарировки ТРК.

На рис. 2 точка a характеризует ситуацию, когда по бухгалтерским документам в резервуаре еще должна храниться определенная масса НП ($Y = a$), а фактически его нет ($X = 0$). Точка b характеризует противоположную ситуацию, когда по бухгалтерским документам весь НП из резервуара реализован ($Y = 0$), а фактически в резервуаре находятся определенные так называемые излишки ($X > 0$).

Представленная технология реализована на складах топлива станций: Прохладная (Северо-Кавказская железнодорожная дорога, Ростовская дирекция материально-технического обеспечения (ДМТО)), Елец (Юго-Восточная железнодорожная дорога, Воронежская ДМТО) и Дно (Октябрьская железнодорожная дорога, Санкт-Петербургская ДМТО). В последнем случае, как видно из рис. 3, программный продукт АСКУ НБ является многофункциональным сервером в составе автоматизированной системы коммерческого учета дизельного топлива (АСКУ ДТ), объединяющим в своем составе данные по приему и отпуску топлива на тепловозы.

Технология, построенная на использовании представленной модели линейной регрессии, получила сертификат ВНИИМСа (Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии и стандартизации) и успешно реализуется в структурах нефтеснабжающих организаций таких компаний, как «Росрезерв России», «Лукойл», «Славнефть». На сегодня это единственная система среди имеющихся аналогов, позволяющая вести не технический (внутренний), а коммерческий гостированный учет нефтепродуктов.

Заключение. Технология, объединяющая автоматизированные средства измерения на топливном складе, охваченные сквозными корреляционными связями, позволяет постоянно контролировать соответствующие метрологические характеристики средств изме-

рения, градуировочные характеристики резервуаров, проводить из единого центра инвентаризацию любых топливных складов, а также в пределах гостирующего интервала неопределенности компенсировать возможные недопоставки топлива при его приеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р8.595 – 2004. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методике выполнения измерений.
2. Емкостной уровнемер со штангой: патент RU M2239164 C2 2002 / А. Г. Годнев, В. М. Суслов.

Рефераты статей, опубликованных в журнале «ВЕСТНИК ВНИИЖТ» № 5 за 2010 г.

УДК 625.1. 003.12

Макроэкономическая оценка развития транспортной инфраструктуры / Д. А. Мачерет, А. В. Рышков, А. Ю. Белоглазов, К. В. Захаров // Вестник ВНИИЖТ. № 5. С. 3...10.

Проанализирована взаимосвязь между развитием инфраструктуры транспорта общего пользования и ВВП на душу населения по 26 странам. Ил. 8, табл. 3, библиогр. 14 назв.

УДК 658.382.3:625.17

Мельниченко А. И. Углубленный анализ причин производственного травматизма в дирекциях по ремонту пути // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 11...14.

Для оценки эффективности системы управления охраной труда в статье представлен сравнительный анализ причин производственного травматизма в дирекциях по ремонту пути за два периода — до выхода их из подчинения железным дорогам сети и после прямого переподчинения их Центральной дирекции по ремонту пути. Ил. 6, табл. 1.

УДК 629.4.077

Разработка рациональных методов испытаний магниторельсовых тормозов скоростного подвижного состава / А. В. Казаринов, М. В. Гудас, В. Н. Колобков, И. В. Назаров, С. А. Спиричев // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 15...20.

В статье рассматриваются основные технические предпосылки для создания новой методики испытания скоростного подвижного состава, оборудованного магниторельсовыми тормозами. Ил. 4, табл. 1, библиогр. 11 назв.

УДК 656.212.5.08:656.225.073.436

Последствия аварий при роспуске опасных грузов класса 2 с сортировочных горок / П. П. Щеглов, **В. И. Жолобов**, И. И. Шищенко, В. А. Пашишин. // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 20...25.

В статье рассмотрены опасные свойства, которые могут проявлять газообразные грузы при аварийной ситуации. Показана возможность сравнения степени опасностей газообразных грузов внутри подклассов. Ил. 2, табл. 9, библиогр. 5 назв.

УДК 625.151

Глюзберг Б. Э. Новые стрелочные переводы для линии Санкт-Петербург — Москва // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 26...28.

Представлены результаты разработки и испытаний новых высокоскоростных стрелочных переводов для скорости движения до 250 км/ч, их конструктивные особенности. Показано соответствие новых стрелочных переводов требованиям норм безопасности. Ил. 4, табл. 1.

УДК 629.4.0.15:625.1.03

Горбунов М. А. Определение непрерывного распределения средних значений нормальных напряжений в рельсах под про-

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Годнев Александр Геннадьевич, заместитель Генерального директора, главный конструктор ЗАО «Научно-технический центр информационно-измерительной техники».

Московская обл., г. Королев, ул. Пионерская, д. 2. E-mail: ntc-korolev@yandex.ru

Науменко Сергей Николаевич, заведующий отделением ОАО «ВНИИЖТ». 107996, Москва, 3-я Мытищинская ул., 10. Тел. (499) 260-42-65. E-mail: serna@vniiizht.ru

ходящим экипажем в прямых и кривых участках пути // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 29...32.

В статье рассмотрена частная задача динамики пути, когда колебания рельсов происходят при проходе через заданные сечения пути системы движущихся с постоянной скоростью, неизменных во времени нагрузок, передаваемых от колес экипажа. Ил. 2, табл. 1, библиогр. 4 назв.

УДК 629.4.067.4:621.3.077.8

Охотников Н. С. Использование накопителей энергии для повышения тяговых свойств электровозов // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 33...36.

При помощи математического моделирования определены параметры накопителя энергии для повышения тяговых свойств электровозов. Определена зависимость между параметрами накопителя и динамической жесткостью тяговой характеристики, а также коэффициентом использования потенциального сцепления. Приведены результаты исследований, проведенных на электровозе 2ЭС5К, оборудованном накопителем энергии. Ил. 7, библиогр. 10 назв.

УДК 621.332.3:621.315.66:620.179

Царьков А. А. Контроль положения стальной арматуры в железобетонных опорах контактной сети при смешанном армировании электромагнитным методом // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 37...40.

Представлен электромагнитный метод контроля толщины защитного слоя бетона и диаметра металлической арматуры железобетонных опор контактной сети при смешанном армировании. Предложен способ измерений и алгоритм обработки данных. Ил. 5, библиогр. 2 назв.

УДК 658.012.11.56:629.41

Неплюев В. А. Автоматизированная система диспетчерского управления локомотивами и локомотивными бригадами на замкнутых полигонах обращения («СИГНАЛ-Л») // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 40...43.

Рассмотрены структура и принципы работы внедряемой на сети железных дорог АСУ «Сигнал-Л». Ил. 7.

УДК 658.563:665.71

Годнев А. Г., Науменко С. Н. Коммерческий учет нефтепродуктов на топливных складах ОАО «РЖД» // Вестник ВНИИЖТ. 2010. № 5. С. 44...47.

Для автоматизированной системы коммерческого учета дизельного топлива разработаны алгоритм и программа, позволяющие минимизировать величину дебаланса между бухгалтерскими «книжными остатками» и фактическими результатами измерений, используемых при приеме, хранении и отпуске нефтепродуктов. Ил. 3, библиогр. 2 назв.