

Существующие решения, обеспечивающие достоверные измерения массы СУГ при сливе из транспортных мер вместимости (автоцистерн)

к.т.н. Терёшин Виктор Ильич

ООО «Техносенсор», г. Санкт-Петербург

Введение

Компания «Техносенсор» предлагает инновационные технические решения, обеспечивающие точные и достоверные измерения массы СУГ при сливе из транспортных мер вместимости (автоцистерн и железнодорожных цистерн).

Предлагаемое оборудование обеспечивает даже в минимальной комплектации учет сжиженного газа в резервуаре газовоза, выдачу в режиме реального времени информации на сервер и на компьютер на АГЗС, отображение в графическом и мнемоническом виде, формирование отчетов. Система измерительная СУ-5Д с датчиками ДЖС-7m обеспечивает измерение общей массы сжиженного газа (масса жидкости и масса пара) в резервуаре с погрешностью измерения не более $\pm 0,7\%$, сертифицирована как средство измерения массы, гос. реестр. № 54787-13.

В расширенных комплектациях дополнительно подключается кориолисовый массомер или объемный счетчик и плотномер, при этом обеспечивается точный коммерческий учет отпущенного сжиженного газа.

Предлагается новый подход к калибровке резервуаров с использованием в качестве рабочей среды сжиженного газа. Обеспечивается калибровка датчика в резервуаре газовоза с помощью весов или с помощью массомера, установленного на газовозе.

Комплект оборудования для оснащения газовоза обеспечивает точное и достоверное измерение массы отпущенного сжиженного газа, в том числе массы пара, прошедшего через линию паровозврата при перепуске пара.

Предлагается инновационный плотномер сжиженного газа с определением фазового состояния и состава продукта и новое решение для узла учета, которое обеспечивает эффективный слив железнодорожных цистерн и гарантирует отсутствия кипения сжиженного газа в массомере.

Система измерительная СУ-5Д-М для газовозов

Выдача информации на сервер и в ПЭВМ на АЗС

Учет СУГ в резервуаре

Массомеры Micro Motion®

ИЛИ
Объемный счетчик с плотномером

Управление отпуском СУГ

Сервер. Опрос газовозов, учет СУГ, архивы, тренды, отчеты, раздача информации онлайн по сети и через Интернет



Датчик ДЖС-7m в резервуаре газовоза

Кориолисовый массомер

Энкодер E3 на счетчике LPM-200

Плотномер ДЖС-7П

Электромагнитный клапан

Бортсеть +24В



Блок системный СБ-5

Системный блок СБ-5 (рис. 2) выполнен в виде цельносварного металлического ящика и может эксплуатироваться на улице без дополнительной защиты от влаги и грязи.

При движении газовеоза передняя дверка должна быть закрыта, это защищает сенсорную панель и другие элементы от грязи. Замок передней дверки защищен от грязи и имеет блокирующий штырь, на который может быть повешен дополнительный навесной замок.

Измерения производятся постоянно, в том числе при движении газовеоза и закрытом шкафчике. Информация через GSM модем в режиме реального времени поступает на сервер и раздается через Интернет на удаленные ПЭВМ (на АГЗС, в Территориальные филиалы и т. п.).

Подключения выполняются через герметичные кабельные вводы, расположенные на нижней стенке ящика.

В минимальной комплектации через кабельные вводы выводятся кабель питания (2 провода), кабель к датчику ДЖС-7м на резервуаре газовеоза (искробезопасная цепь, RS-485-I, 4 провода) и кабель внешней антенны GSM модема.

В расширенной комплектации могут подключаться дополнительно кориолисовый массоммер (искробезопасная цепь, RS-485-II, 4 провода), энкодер на объемном счетчике СУГ (искробезопасная цепь, 4 провода), плотномер ДЖС-7П (искробезопасная цепь, RS-485-II, 4 провода).



Рис. 2. Блок СБ-5.

Датчики массы и плотности СУГ для газовоза

СБ-5
Системный блок



ИЗК-3
(установлен в блоке СБ-5)



ДЖС-7МБ
устанавливается
на торцевой или боковой лючок



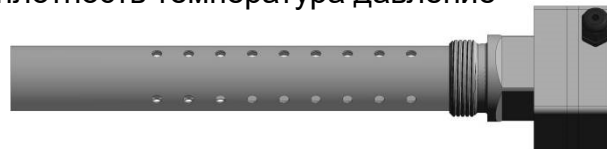
ДЖС-7m



ДЖС-7Мр



ДЖС-7П
плотность температура давление



Минимальная конфигурация измерительной системы

В минимальной конфигурации к системному блоку СБ-5 подключается только датчик в резервуаре газовоза и обеспечивается учет сжиженного газа в резервуаре. В зависимости от типа резервуара газовоза могут использоваться датчики ДЖС-7Мр или ДЖС-7м или ДЖС-7МБ.

Датчики ДЖС-7Мр или ДЖС-7м могут устанавливаться на нижний или на верхний лючок Ду=50 мм вместо ПМП-118. Датчик поставляется вместе с крышкой лючка. Для установки датчика ДЖС-7м достаточно иметь проходное отверстие Ду=32 мм.

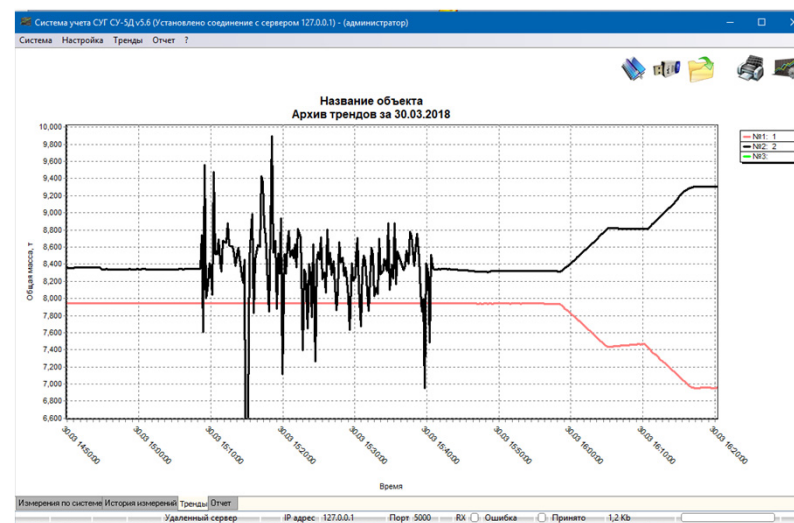
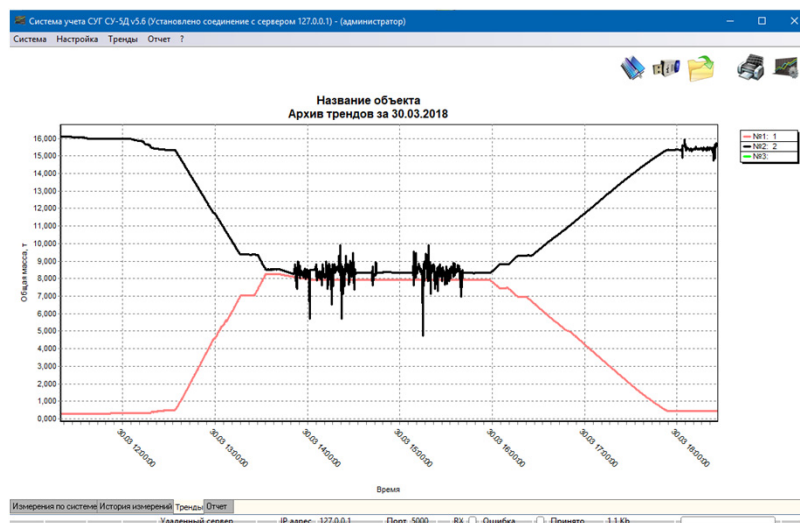
Датчик ДЖС-7МБ устанавливается на боковой или торцевой лючок Ду=150 мм вместо механического уровнемера типа ИУПМ. Датчик ДЖС-7МБ конструктивно представляет из себя сборку из крышки лючка и двух датчиков ДЖС-7м. Сперва на место механического уровнемера устанавливается крышка лючка, потом в нее вворачиваются два датчика ДЖС-7м под углом 35° один вверх, другой вниз. Работает эта сборка как один составной датчик и называется ДЖС-7МБ.

Минимальное количество оборудования (датчик в резервуаре газовоза и системный блок СБ-5) обеспечивает достоверный и точный технологический учет СУГ в резервуаре газовоза. Точность работы датчика в резервуаре постоянно контролируется при взвешивании газовоза на весовом терминале.

При наличии датчиков в резервуарах АГЗС обеспечивается вывод информации в режиме реального времени на сервер со всех АГЗС и всех газовозов, формируются отчеты по любым выборкам газовозов и АГЗС.

АГЗС №1												
Отчет по движению СУГ												
с 01.06.2017 8:00:00 по 02.06.2017 8:00:00												
Емкость	Состояние объема			Состояние массы жидкости			Состояние массы пара			Состояние общей массы		
	Начальное	Конечное	Разница	Начальное	Конечное	Разница	Начальное	Конечное	Разница	Начальное	Конечное	Разница
СУ-5Д №.1	3,686	0,493	☹ -3,193	1,856	0,251	☹ -1,605	0,098	0,139	☺ 0,041	1,954	0,39	☹ -1,564
2 канал	8,997	6,902	☹ -2,095	4,552	3,532	☹ -1,02	0	0,034	☺ 0,034	4,552	3,566	☹ -0,986
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ИТОГО:	12,683	7,395	☹ -5,288	6,408	3,783	☹ -2,625	0,098	0,173	☺ 0,075	6,506	3,956	☹ -2,55

Измерение массы СУГ с помощью датчика ДЖС-7м



На сервере в режиме реального времени собирается информация от датчиков в резервуарах газовозов и АГЗС. На графиках канал 1 (красный) – масса СУГ на АГЗС. Канал 2 (черный) – масса СУГ в резервуаре газовоза.

Выполнялась калибровка датчика ДЖС-7Б в резервуаре АГЗС по датчику ДЖС-7Б в резервуаре газовоза с дополнительным контролем по весам. Газовоз был заполнен газом и взвешен. В дегазированную емкость на АГЗС был выполнен слив 7900 кг СУГ. Потом газовоз поехал на весы, вернулся обратно, газ из резервуара АГЗС был перекачан обратно в газовоз, газовоз был взвешен еще раз.

Погрешность измерения массы СУГ в резервуаре АГЗС не превышает 0,7%, в резервуаре газовоза имеется еще дополнительная погрешность от наклонов цистерны, а при движении возникает «борода» - изменение показаний до 3000 кг. Если площадки ровные, то погрешности невелики. Показания датчика ДЖС-7 в цистерне газовоза в 15 часов на весах на ГНС 8340 кг, а в 15-50 на АГЗС 8320 кг, разница показаний составила 20 кг (0,2%).

Высокая достоверность результатов измерений обеспечивается за счет непрерывного сравнения данных от газовоза и от АГЗС. Программа учета позволяет формировать отчеты по любым выбранным объектам – сколько газа было слито с газовоза и сколько поступило на АГЗС.

Показания датчика в резервуаре газовоза должны совпадать с результатами взвешивания газовоза. Одновременное использование трех различных средств измерений обеспечивает высокую точность и достоверность.

Датчик в резервуаре газовоза позволяет контролировать процесс движения по изменению показаний при движении.

Калибровка датчика в резервуаре газовоза

Для калибровки резервуаров газовозов и резервуаров АГЗС рекомендуется использовать кориолисовый массомер на газовозе. Через массомер сливается сжиженный газ и одновременно снимаются показания с массомера и с датчика в резервуаре газовоза или АГЗС. При отсутствии массомера можно использовать весы.

Для точного измерения массы СУГ с помощью Системы измерительной СУ-5Д (датчик ДЖС-7Мр или ДЖС-7т или ДЖС-7МБ в резервуаре газовоза) выполняется калибровка датчика.

Для этого порожний газовоз с калибруемым датчиком устанавливается на весы. Другой газовоз (заполненный газом) необходимо подогнать, поставить рядом и соединить с газовозом на весах шлангами по жидкой и паровой фазе.

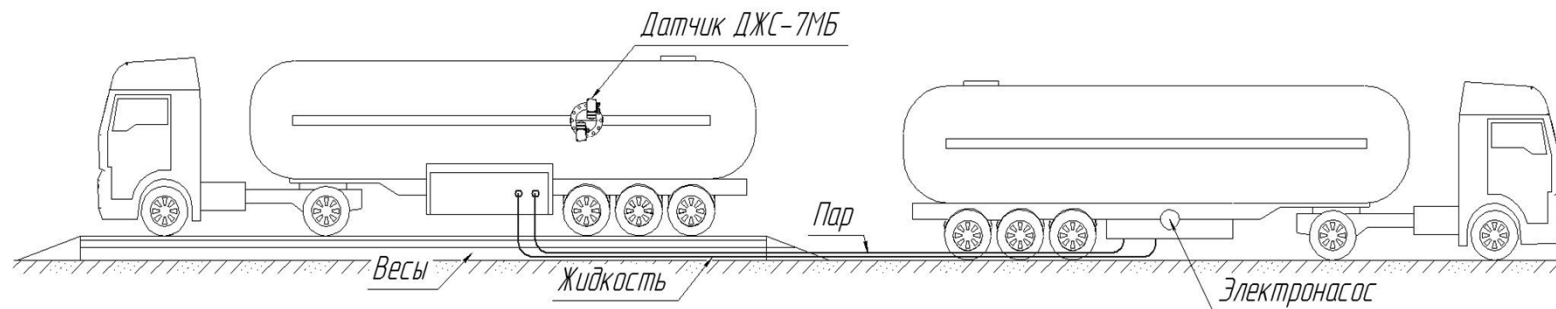


Рис. Калибровка датчика.

Один из газовозов должен быть оборудован электрическим насосом.

Необходимо перекачивать порциями (по 200 – 800 кг) сжиженный газ, после перекачки каждой порции фиксировать показания весов.

Показания весов (суммарная доза слитого газа по весам) текущее время и данные из архива системы измерительной СУ-5Д (столбцы 3, 4, 5, 6) заносятся в таблицу.

Калибровка датчика в резервуаре газовоза по массомеру или по весам

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ п/п	Сумм. доза по весам, кг	Время СУ5Д	Уровень СУ5Д, мм	Масса пара СУ5Д, кг	Плотн. жидк. СУ5Д, кг/м ³	Масса общая в емкости газовоза от весов, кг	Масса жидкости в емкости газовоза от весов	Объем жидкости в емкости от весов, л
-	-	-	0	-	-	-	-	0
1	0	11:30:33	74	207	554,4	338	131	236
2	250	11:36:42	139	222	557,1	588	366	657
3	504	11:41:49	198	232	557,3	842	610	1095
4	749	11:47:46	260	244	556,7	1087	843	1514
...	...	...	...	...	...	...	...	...
36	9000	15:08:22	1467	66	555,4	9338	9272	16694
37	9320	15:14:48	1526	55	555,5	9658	9603	17287
-	-	-	1600	-	-	-	-	18044

Для получения общей массы сжиженного газа в резервуаре (столбец 7) к значениям суммарных доз (столбец 2) необходимо прибавить значение массы в начальной точке измерения.

Масса находящегося в резервуаре жидкого СУГ, поступившего по весам (столбец 8), определяется вычитанием из общей массы сжиженного газа (столбец 7) массы пара (столбец 5). Объем жидкого СУГ (столбец 9) определяется делением массы жидкого СУГ (столбец 8) на плотность жидкого СУГ (столбец 6) в резервуаре.

В результате этих измерений и вычислений получаем зависимость объема, поступившего в резервуар газовоза жидкого СУГ в резервуаре (столбец 9), от уровня (столбец 4). В таблицу необходимо добавить нулевую точку (для уровня 0 мм объем 0 л) и несколько значений объема и уровня для заполнений более 85% (их можно взять из типовой градуировочной таблицы).

Столбцы 4 и 9 – градуировочная характеристика резервуара. При необходимости иметь таблицу с фиксированным шагом градуировки характеристика пересчитывается математическими методами.

Калибровка резервуаров на АГЗС

Предлагается новый метод калибровки, позволяющий получить градуировочную таблицу резервуара при заполнении его сжиженным газом через массомер, установленный на газовозе.

В соответствии с ГОСТ 8.346-2000 градуировка резервуаров должна выполняться объемным методом.

Градуировка резервуаров со сжиженным углеводородным газом производится водой, потому что сжиженный газ не может использоваться для градуировки объемным методом.

Это связано с тем, что поступающий в резервуар сжиженный газ разделяется на жидкость и пар (газообразную фазу). Объем газа в резервуаре не равен объему поступившего в резервуар газа, обычно он больше (за счет конденсации пара) или меньше. Кроме этого, изменяется состав газа и сильно изменяется температура (за счет кипения и конденсации паров), это тоже приводит к изменению объема.

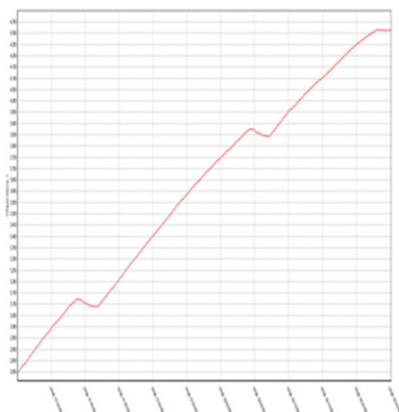
Для градуировки водой требуется дегазация резервуаров, подключение поверочной установки, температура не ниже $+5^{\circ}\text{C}$, удаление воды и воздуха из резервуаров после градуировки.

На большинстве автомобильных газозаправочных станций резервуары для сжиженного газа не прошли градуировку, потому что для этого требуется вывод их из эксплуатации и значительные затраты.

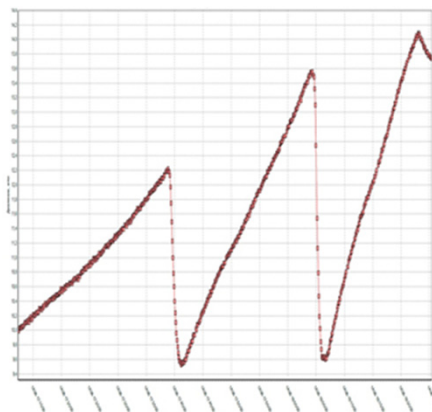
Предлагаемое техническое решение обеспечивает снижение затрат на градуировку в несколько раз, при этом не требуется вывод резервуаров из эксплуатации.

При калибровке допускается перепуск пара через линию паровозврата, масса перепущенного пара измеряется с высокой точностью при помощи датчика ДЖС-7 в резервуаре газовоза или в резервуаре АГЗС.

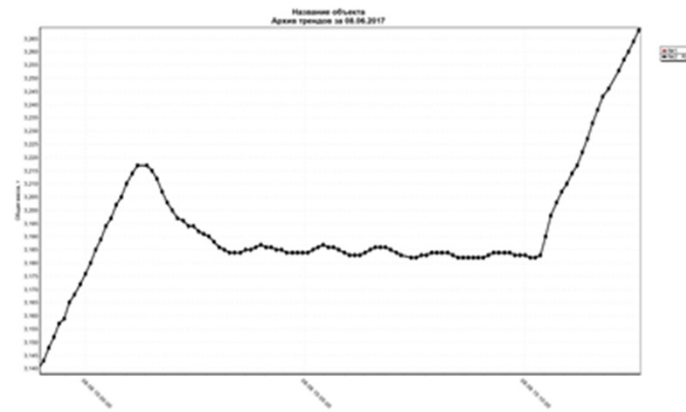
Учет перепущенного пара



Общая масса слитого газа



Давление



Изменение общей массы при перепуске пара

Для перепуска пара необходимо остановить слив, перекрыть трубопровод жидкого СУГ, и на несколько минут открыть линию паровозврата для уравнивания давлений.

Процесс перепуска пара изображен на графиках.

В процессе слива газа из газовоза в резервуар АГЗС были выполнены две остановки, во время которых была открыта на 10 минут линия паровозврата.

Изменение общей массы сжиженного газа в резервуаре при перепуске пара в увеличенном масштабе показано на рисунке справа.

Линия паровозврата открывалась постепенно, чтобы не вызвать резкое кипение газа в резервуаре. Тем не менее, кипение присутствует, для обеспечения стабильных показаний необходимо выждать несколько минут.

Масса перепущенного пара составила около 1% от массы слитого СУГ - $34 \text{ кг} \pm 1 \text{ кг}$. Погрешность измерения массы перепущенного пара этим способом не превышает 0,05% от массы слитого СУГ.

Действия оператора контролируются с помощью датчика положения крана линии паровозврата (сигнал передается в блок искрозащиты и на сервер).

Изменение температуры при калибровке

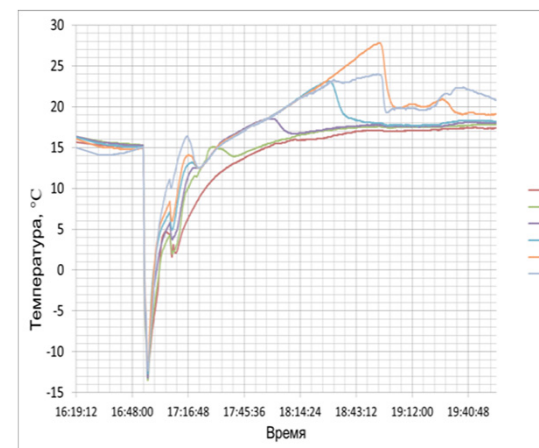
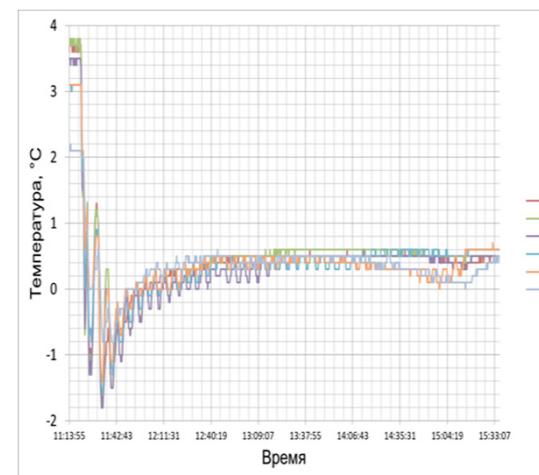
На рисунках показаны графики изменения температуры в процессе слива газа в резервуар.

В первом случае слив производился в резервуар, в котором было небольшое количество сжиженного газа (около 50 мм жидкого) и температура газа в при заполнении резервуара сперва понизилась на 5°C, через 30 мин. повысилась на 1,5°C, и далее оставалась постоянной по высоте резервуара.

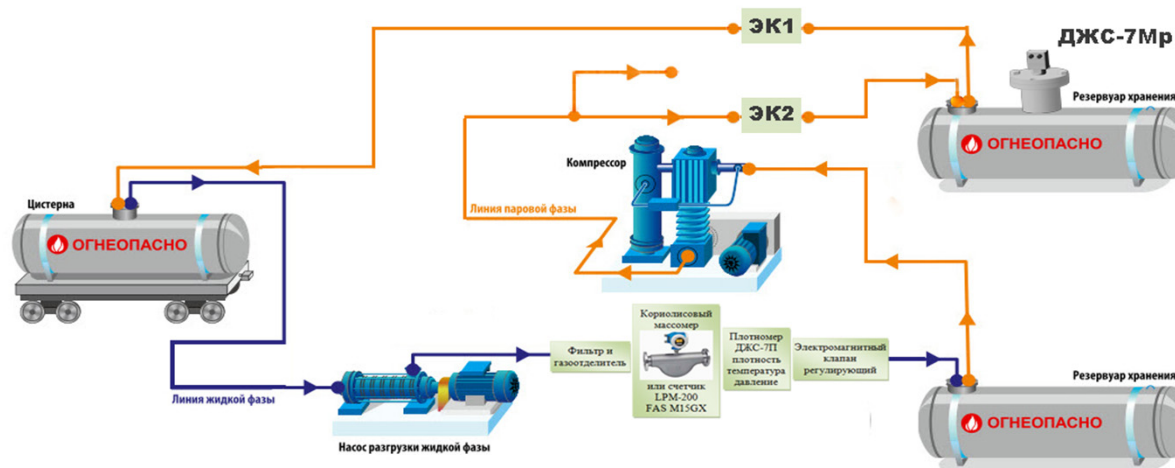
Во втором случае газ сливали в пустой резервуар, из которого были откачены пары до избыточного давления 1,5 атм. В первый момент температура понизилась на 28°C (с +15°C до -13 °C). В процессе слива наблюдался большой градиент температур по высоте резервуара, как в паровой фазе, так и в жидкости.

Выводы.

- Предлагаемый способ обеспечивает снижение затрат на калибровку резервуаров в несколько раз, при этом не требуется вывод резервуаров из эксплуатации – калибровку резервуаров производится сжиженным газом.
- Датчик ДЖС-7m (или ДЖС-7Mr или ДЖС-7Б) обеспечивает измерение массы перепущенного пара с высокой точностью. Датчик ДЖС-7m может быть установлен как в резервуаре АГЗС, так и в резервуаре газовоза. При перепуске пара масса газа уменьшается в резервуаре АГЗС и возрастает в резервуаре газовоза на одинаковую величину.
- Нежелательно откачивать пары перед сливом газа. В этом случае в начале слива сильно изменяется температура и плотность, это может привести к дополнительным погрешностям при калибровке.



Слив железнодорожных цистерн



При сливе железнодорожных цистерн через массоммер кроме компрессора используется насос, иначе не получается обеспечить отсутствие кипения в массоммере. Предлагается техническое решение, обеспечивающее быстрый слив цистерн компрессором и гарантированное отсутствие кипения в датчике массомера.

Компания «Техносенсор» обеспечивает это с помощью своей новой разработки - плотномера сжиженного газа с определением фазового состояния и состава продукта. Плотномер устанавливается после массомера, необходимое давление в трубопроводе поддерживается с помощью регулируемой задвижки на трубопроводе.

Плотномер измеряет плотность, температуру и давление СУГ в трубопроводе.

Наличие кипения СУГ определяется по нестабильности показаний плотности.

Производятся 5 измерений плотности в течение 2 с, и вычисляется среднеквадратическое отклонение σ .

Если $\sigma = 0$, то кипение отсутствует. При изменении объемного содержания пара от 0,2% до 8% среднеквадратическое отклонение σ увеличивается. Содержание пара N в диапазоне от 0% до 8% определяется по калибровочной таблице.

В начале слива постепенно происходит открывание задвижки и определяется момент начала кипения, далее с помощью регулируемой задвижки на трубопроводе автоматически поддерживается давление на 0,5 атм. выше, чем давление в точке начала кипения.

Контроль наличия кипения производится непрерывно в процессе слива.

Заключение

Рассмотренные технические решения обеспечивают следующие конкурентные преимущества при учете сжиженных газов:

Высокая достоверность и точность измерения массы сжиженных газов в резервуаре газовоза статическим методом за счет калибровки датчика по весам или по массомеру.
Двойной контроль – учет сжиженного газа динамическим методом (счетчик на трубопроводе) и статическим методом (датчик ДЖС-7Мр или ДЖС-7т или ДЖС-7МБ в резервуаре газовоза), это позволяет полностью исключить возможность несанкционированных отпусков газа.
В одном окне программы в режиме реального времени контроль массы сжиженного газа по датчику на газовозе и по датчику на АГЗС, формирование отчетов.
Возможность калибровки датчика в резервуаре АГЗС (построение градуировочной характеристики резервуара) при сливе сжиженного газа через массомер газовоза.
Учет перепущенного пара.
Универсальность установки. Датчик может устанавливаться на нижний, верхний или на боковой или торцевой лючок (Dy150 мм).
Эффективный слив железнодорожных цистерн компрессором через массомер за счет применения плотномера сжиженного газа с определением фазового состояния и состава продукта.
Удобное отображение информации, современная электроника и программное обеспечение (апгрейд выполнен в 2017 году).

Вариант 1 – учет в резервуаре

Вариант 2 – учет в резервуаре
и счетчик LPM-200

Таблица 1.

№ п/п	Наименование товара товара	Цена, руб.	Кол. шт.	Вар. 1	Вар. 2
				Сумма, руб.	Сумма, руб.
1	Системный блок СБ-5, в том числе: LCD панель 7 дюймов, блок ИЗК-3, GSM-модем, шкаф с электроподогревом, программное обеспечение для сервера и клиента	127000=	1	127000=	127000=
2	Датчик ДЖС-7м на резервуаре (измеряет объем и массу и температуру СУГ в резервуаре газовоза, устанавливается в нижний лючок резервуара газовоза, искробезопасная цепь)	29000=	1	29000=	29000=
3	Энкодер ЕЗ (обеспечивает преобразование угла поворота вала счетчика LPM-200 в электрический сигнал, искробезопасная цепь)	32000=	1	-	32000=

Таблица 2.

№ п/п	Наименование товара	Цена, руб.	Кол. шт.	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5
				Сумма, руб.	Сумма, руб.	Сумма, руб.
1	Системный блок СБ-5 Датчик ДЖС-7м на резервуаре Электромагнитный клапан	168000=	1	168000=	168000=	168000=
2	Массомер Micro Motion® R100S179CWFGEZYZZGRR1 Измеряет массу, объем и плотность. Погрешность изм. массы не более ± 0,5%.	379000=	1	-	379000=	-
3	Массомер Micro Motion® F100S179C6FGEZAZZGRR1 Измеряет массу, объем и плотность. Погрешность изм. массы не более ± 0,2%.	443000=	1	-	-	443000=
4	Фильтр-газоотделитель L084807-701 и дифф. клапан L083925-701	189000=	1	-	189000=	189000=
5	Счетчик LPM-200, энкодер ЕЗ Датчик плотности ДЖС-7П	338000=	1	338000=	-	-
Итого:				506000=	736000=	800000=
НДС 18%				91080=	132480=	144000=
Всего к оплате:				597080=	868480=	944000=

Итого:	156000=	188000=
НДС 18%	28080=	33840=
Всего к оплате:	184080=	221840=

Вариант 3 – учет в резервуаре,
счетчик LPM-200 и плотномер

Вариант 4 – учет в резервуаре
и массомер 0,5%

Вариант 5 – учет в резервуаре
и массомер 0,2%

Спасибо за внимание!