СТАТЬЯ

УДК 681.5.03

DOI 10.17513/snt.40383

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ****Федорович Н.Н., Кравченко П.Г.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: fedorovichn@mail.ru*

Цель исследования – разработка предложений по совершенствованию метрологического обеспечения на производстве и повышению качества измерений при внедрении автоматизации процесса измерений. Точность учета продукции, ее себестоимость, издержки производства зависят от качества измерительно-го процесса. Качество измерений определяет, как правило, метрологическое обеспечение на предприятии, включающее комплекс организационно-технических мероприятий, технических средств, правил и норм, обеспечивающих единство и требуемую точность измерений. Перспективным является комплексность решения вопросов улучшения материально-технической базы и разработки новых методических документов по выполнению требуемых измерений. В статье рассмотрена возможность улучшения технической и нормативно-методической базы метрологического обеспечения автозаправочных станций. Предложено применение подобранных электронных плотномеров и термометров, которое позволяет практически полностью исключить и сократить количество ошибок, связанных с «человеческим фактором», а также уменьшить время на выполнение измерений при отсутствии операции извлечения нефтепродукта из резервуара и повысить точность результатов. Представлены предложения по автоматизации процесса измерений путем использования системы измерений «Струна+», оценка пригодности которой подтверждена приведенными в работе результатами в процессе ее тестового использования. Улучшение материально-технической базы измерений потребовало введения предложений по дополнениям в эксплуатационную документацию, в том числе по нахождению и устранению несоответствий при применении автоматизированной системы измерений в рабочем режиме. Внедрение данной системы позволяет перевести автозаправочные станции на полностью автоматизированный коммерческий учет как при приемке, так и при отпуске нефтепродуктов.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, измерительные приборы, нефтепродукты, единство и точность измерений, автоматизированная система измерений, методическая документация

**IMPROVEMENT OF METROLOGICAL SUPPORT TO IMPROVE
THE QUALITY OF MEASUREMENTS AT ENTERPRISES****Fedorovich N.N., Kravchenko P.G.***Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: fedorovichn@mail.ru*

The aim of the work is to develop proposals for improving metrological support in production and increasing the quality of measurements when implementing automation of the measurement process. The accuracy of accounting for products, their cost price, production costs depend on the quality of the measurement process. The quality of measurements is usually determined by metrological support at the enterprise, including a set of organizational and technical measures, technical means, rules and regulations that ensure the unity and required accuracy of measurements. A comprehensive solution to the issues of improving the material and technical base and developing new methodological documents for performing the required measurements is promising. The article considers the possibility of improving the technical and regulatory framework for metrological support of gas stations. It is proposed to use selected electronic densitometers and thermometers, which allows almost eliminating and reducing the number of errors associated with the “human factor”, as well as reducing the time for performing measurements in the absence of the operation of extracting oil products from the tank and increasing the accuracy of the results. Proposals are presented for automating the measurement process by using the Struna+ measurement system, the suitability of which is confirmed by the results presented in the work during its test use. Improving the material and technical base of measurements required the introduction of proposals for additions to the operational documentation, including finding and eliminating discrepancies when using the automated measurement system in the operating mode. The implementation of this system allows transferring gas stations to fully automated commercial accounting both when accepting and when dispensing petroleum products.

Keywords: metrological support, measuring devices, petroleum products, unity and accuracy of measurements, automated measurement system, methodological documentation

Введение

Измерения являются неотъемлемой частью современного производственного процесса. От качества измерительного процесса зависит точность учета продукции, ее себестоимость, издержки производства. Для реализации измерений на предприятии

необходимо метрологическое обеспечение, предполагающее комплекс организационно-технических мероприятий, технических средств, правил и норм, обеспечивающих единство и требуемую точность измерений [1]. Наиболее перспективный подход к совершенствованию метрологического обеспечения включает комплексность,

рассматривая одновременно расширение и улучшение базы измерительных средств, а также разработку новых нормативно-методических материалов для их обслуживания на производстве [2, 3].

Цель исследования – разработка предложений по совершенствованию метрологического обеспечения на производстве и повышению качества измерений при внедрении автоматизации процесса измерений.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования был рассмотрен процесс измерений на автозаправочных станциях ООО «Газпром сеть АЗС» в Краснодарском крае (АЗС). Известно, что большое внимание уделяют контролю в процессе переработки нефти [4]. Для потребителя не менее важно качество измерений на стадии отпуска нефтепродуктов, определяемое состоянием метрологического обеспечения на предприятии. На АЗС метрологическое обеспечение влияет на требуемую точность измерений при количественном учете нефтепродуктов при приеме, хранении, размещении товарных запасов и отпуске, а также при определении показателей качества нефтепродуктов [5]. Эта деятельность включает применение аттестованных методик выполнения измерений, правильный выбор, содержание и эксплуатацию средств измерений, постоянный контроль за погрешностью средств измерений для определения количества нефтепродуктов в резервуарах и измерения количества отпускаемых нефтепродуктов. Учет продукции на АЗС осуществляется прибавлением поступающего объема топлива к остаткам нефтепродуктов в резервуаре. Из полученной суммы вычитается значение продаваемого объема топлива. Результаты при закрытии смены вручную вносятся в сменный отчет операторами, согласно которому формируются учет продаж и поступления нефтепродуктов на АЗС [6].

В процессе работы был рассмотрен существующий процесс измерений показателей нефтепродуктов и комплекс используемых средств измерений. Все нефтепродукты, поставляемые нефтеперерабатывающими заводами ООО «Газпром сеть АЗС», имеют паспорта качества, что подтверждает соответствие показателей их качества действующим нормативным документам. На АЗС применяются приборы, которые позволяют вести учет массы топлива по следующим показателям: уровень нефтепродукта в резервуарах (метроштоки, рулетки с лотом), плотность (ареометры), температура (термометры стеклянные

ртутные), доза отпуска нефтепродукта. Проводятся дополнительные расчеты с таблицами для резервуаров и трубопроводов системы, которые позволяют все показатели нефтепродукта, полученные при разных условиях, приводить к стандартным условиям [7].

Для сравнения исследована процедура измерений показателей нефтепродуктов с применением предлагаемых к внедрению средств измерений: электронных плотномеров, термометров, системы измерительной «Струна +» в соответствии с руководствами по их эксплуатации [8–10]. Рекомендуемый плотномер является портативным (переносным), может использоваться для измерения плотности, вязкости и температуры жидкостей. Для измерения применяется метод погружения оператором датчика плотности-температуры прибора в исследуемую жидкость непосредственно через горловину заливного люка емкости. Измерения можно проводить в любых емкостях (вертикальные и горизонтальные резервуары для хранения, железнодорожные и автоцистерны). Продолжительность установления показаний температуры электронного блока рекомендуемого термометра в тестируемой среде не более 5 с, прибор снабжен USB-входом и кнопками обновления показателей. Измерительная система «Струна +» фиксирует изменения уровней топлива в резервуарах, измеряет его плотность и температуру на различных уровнях, обрабатывает первичную информацию и вычисляет его объем и массу, работает в постоянном режиме предоставления данных оператору и может фиксировать утечку нефтепродукта при неконтролируемом уменьшении уровня в резервуаре [11]. Описание и анализ несоответствий при выполнении испытаний объектов рассмотрены авторами в соответствии с [12, 13]. Контрольные проверки отпуска нефтепродуктов через топливораздаточные колонки на АЗС предусмотрены ГОСТ Р 58404 [14]. Они направлены на предотвращение протечки топлива, возникновения недолива или перелива. Оценка дозы отпуска нефтепродукта проводится на основе МИ 1864 [15].

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных исследований было установлено, что на достоверность результатов, полученных с помощью применяемых средств измерений на АЗС, большое влияние оказывают различные факторы, которые влияют на качество результатов работы, увеличивают время обслуживания

клиентов, что приводит к возрастанию финансовых издержек предоставления услуг АЗС. При учете массы продукта возникает большой объем вычислений. Много времени занимают расчеты с помощью специальных таблиц (калибровочных, градуировочных, с поправочными коэффициентами) для разных цистерн и резервуаров. Существенное влияние на эффективность работы АЗС оказывает так называемый «человеческий фактор», определяющий большое количество ошибок при проведении измерений и вычислении результатов. Уменьшить или полностью ликвидировать эти факторы, сократить время замеров позволяют современные электронные и автоматизированные средства измерений, отличающиеся повышенной точностью, достоверностью и уменьшенным значением допустимой погрешности.

На АЗС переход на автоматизированный способ проведения измерений показателей нефтепродуктов рекомендуем осуществить путем замены ареометров и ртутных термометров электронными переносными плотномерами. В результате сравнения метрологических характеристик плотномеров, предлагаемых на рынке и применяемых на производстве, был выделен переносной плотномер ПЛОТ-3Б-1П-20А, отличающийся наибольшей точностью результатов измерений, полученных при экспериментальных замерах на АЗС г. Краснодара при тестовой эксплуатации в производственных условиях в течение 15 дней, средние значения которых приведены в табл. 1.

Для плотномера ПЛОТ-3Б-1П-20А установлено, что измеренные показатели не превышали предельно допустимых значений, а именно отклонения составили по плотности при 15 °С – не более 0,3 кг/м³, по температуре – не более 1,0 °С. Преимущества электронного плотномера: безопасное для оператора измерение, высокая точность измерений, широкий диапазон измерений, удобство использования, экономичность.

Таким образом, предлагаемый электронный плотномер обеспечивает требуемую точность, что позволяет его применять на АЗС для измерения параметров нефтепродуктов с допустимыми погрешностями. Для практического внедрения электронного плотномера на АЗС была разработана инструкция «Порядок проведения контроля метрологических характеристик плотномера», в соответствии с которой осуществлялся контроль результатов, полученных с использованием плотномера и традиционных средств измерений.

Предлагаем также на АЗС применять электронные термометры взамен ртутных. Отказаться от использования термометра на АЗС, даже с учетом применения, предложенного выше переносного плотномера, который имеет встроенный персональный термометр, нельзя, так как невозможно выполнение технологических проливов топливораздаточной колонки в соответствии с регламентом контрольных проверок, установленным в эксплуатирующей АЗС организации. Измерение температуры необходимо для контроля работы оборудования и обеспечения нормированных показателей точности учета топлива.

Таблица 1

Метрологические характеристики плотномеров при тестовой эксплуатации на АЗС

Нефтепродукт	Тип средства измерений					
	ПЛОТ-3Б-1П-20А			Ареометр (контрольные значения)		
	Температура, °С	Плотность измеренная, кг/м ³	Плотность при 15°С, кг/м ³	Температура в отобранной пробе, °С	Плотность измеренная, кг/м ³	Плотность, приведенная к 15°С, кг/м ³
АИ-92-К5	5,2	747,6	738,6	5,0	748,0	739,0
ДТ-3-К5	5,9	836,7	830,1	6,0	837,0	830,6
АИ-95-К5	5,1	750,9	741,3	5,0	751,0	742,0
	Отклонения значений измеренных величин с помощью ПЛОТ-3Б-1П-20А от контрольных значений					
	Температура, °С			Плотность при 15 °С, кг/м ³		
АИ-92-К5	0,2			-0,4		
ДТ-3-К5	-0,1			-0,5		
АИ-95-К5	0,1			-0,7		

Источник: составлено авторами.

Таблица 2

Показатели нефтепродуктов на АЗС при тестовых замерах

Резервуары Вид нефтепродукта	Ручной замер		«Струна+»		Разница в показаниях («ручной замер» – «Струна+»)	
	Плотность, кг/м ³	Температура, °С	Плотность кг/м ³	Температура, °С	плотности	температуры
РГС № 1 ДТ-К5	828,0	17,0	828,700	14,500	0,7	2,5
	828,0	16,0	828,800	14,500	0,8	1,5
РГС № 2 АИ-92-К5	742,5	13,5	738,300	13,300	4,2	0,2
	743,5	12,5	738,500	13,300	5,0	-0,8
РГС № 3 ДТ-К5	828,0	16,0	828,700	13,600	4,3	2,4
	828,5	16,6	828,700	13,600	4,8	1,9
РГС № 4 АИ-92-К5	746,0	13,5	741,300	13,300	4,7	0,2
	746,0	13,5	741,400	13,300	4,6	0,2

Источник: составлено авторами.

Для измерений и контроля температуры в резервуарах для хранения нефтепродуктов, представляющих взрывоопасные зоны, предлагаем использовать термометр электронный Termex ExT-01/2-6, который предназначен для указанных промышленных сред и имеет ряд преимуществ по сравнению со стеклянными ртутьсодержащими. Метрологические характеристики рекомендуемого прибора включают широкий температурный диапазон измеряемых температур от -50 до +130°С, при этом предел допускаемой основной абсолютной погрешности измерений не превышает $\pm 0,1^\circ\text{C}$, что соответствует требуемой точности учета нефтепродуктов на АЗС. Прибор удобен в использовании, компактен, безопасен для операторов.

Считаем, что рутинные операции при учете продукции на АЗС целесообразней выполнять с помощью автоматизированной измерительной системы «Струна +», которая имеет возможность подключения и интегрирования данных в систему управления АЗС, может выполнять функции контроля за учетом количества топлива в горизонтальных стальных резервуарах, при этом являясь самостоятельной единицей оборудования.

Сравнительные данные замеров плотности и температуры нефтепродуктов, представленные в табл. 2, полученные при экспериментальных замерах на АЗС г. Краснодара, при тестовой эксплуатации в производственных условиях показывают эффективность измерительной системы «Струна+», в комплектацию которой на АЗС целесообразно включить для каждого резервуара первичные преобразователи параметров

всех измеряемых показателей, датчики уровня, температуры и загазованности.

При запуске в тестовом режиме измерительной системы «Струна+» установлены отклонения метрологических характеристик на некоторых объектах АЗС, что показало необходимость проведения юстировки оборудования и внесения в регламент обслуживания оборудования дополнений по обязательному проведению мониторинга показателей системы на основе разработанной методики сверки с показаниями контрольно-измерительных приборов (электронный плотномер).

Длительная остановка каждой топливораздаточной колонки в период внутренней проверки вызывает значительное увеличение общего времени обслуживания оборудования, уменьшение пропускной способности АЗС, возникновение конфликтных ситуаций, появление очередей, что приводит к снижению прибыли организации. Поэтому считаем, что выполнение всех указанных в применяемой методической инструкции последовательных операций нецелесообразно.

Для проведения ежемесячных технологических проливов топливораздаточной колонки разработана инструкция по контролю выполнения операций процесса технологического пролива. При разработке проекта инструкции особое внимание было уделено расчетной части, так как расчеты при пограничных показаниях допустимой погрешности в случае неверных вычислений со стороны персонала могут привести к ошибочной выдаче дозы нефтепродуктов топливораздаточной колонкой и оказаться критичными. Определение значений до-

пустимой погрешности топливораздаточной колонки или оперативного выявления неисправностей рекомендовано в разработанном проекте инструкции проводить с применением электронной таблицы. Это позволяет автоматизировать все расчеты, включая приведение полученных значений к требуемой температуре, что минимизирует трудозатраты и повысит скорость получения результатов.

В предлагаемом проекте инструкции установлена обязанность сотрудника, ответственного за проведение технологических проливов топливораздаточных колонок на АЗС, по внесению в электронную таблицу только значений результатов выполненных измерений. Относительная погрешность с учетом приведения показаний к стандартной температуре 20 °С будет определена автоматически. Формулы, применяемые для автоматического расчета итогового значения относительной погрешности, представлены в приложении разработанной инструкции. В электронной таблице есть возможность использовать элементы визуализации, полученных контрольных результатов. Желтым цветом подсвечивается ячейка с расчетным значением дозы отпуска нефтепродукта, если результат находится в пределах допустимой погрешности. Если показатель дозы отпуска нефтепродукта топливораздаточной колонкой выходит за диапазон допустимой погрешности, то в случае недолива ячейка подсвечивается зеленым цветом, и в случае перелива – красным цветом.

Заключение

В работе представлены предложения по автоматизации процесса измерений путем улучшения технической и методической базы метрологического обеспечения АЗС. Рекомендованы к применению электронные плотнометры и термометры, которые позволяют практически полностью исключить и сократить количество ошибок, связанных с «человеческим фактором», а также повысить достоверность и точность результатов измерений показателей нефтепродукта. Затраты времени на проведение измерений сокращены вследствие того, что при этом не требуется непосредственного извлечения нефтепродукта из резервуара. Показаны результаты по оценке пригодности системы измерений «Струна+» в процессе тестового использования и представлены предложения по дополнениям в эксплуатационную документацию по нахождению и устранению несоответствий при ее применении в рабочем режиме. Предложено внедрение

данной системы, которое позволит перевести АЗС на полностью автоматизированный коммерческий учет при приемке и отпуске нефтепродуктов.

Предлагаемый методический документ о проверке точности отпуска нефтепродуктов на АЗС структурирует и упрощает процесс выполнения контроля проливов теплораздаточной колонки, а автоматизация расчетов погрешности с помощью электронной таблицы делает простым, быстрым и доступным вывод о возможности работоспособности оборудования.

Список литературы

1. Бегунов А.А., Абдуллаев А.Х. Показатели качества продукции, технологические параметры и нормы точности их измерения // Контроль качества продукции. 2021. № 5. URL: <https://ria-stk.ru/mos/adetail.php?ID=199328&ysclid=m7k3uwtdk935354326> (дата обращения: 15.02.2025).
2. Федорович Н.Н., Любимова Е.А. Перспективы совершенствования метрологического обеспечения процессов производства // Перспективное развитие науки, техники и технологий: сборник научных статей 12-й Международной научно-практической конференции (Курск, 01 ноября 2022 г.). Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 374–377.
3. Сариго Н.В. О метрологическом обеспечении технического уровня и качества продукции в машиностроении // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Екатеринбург, 18 мая 2023 г.). Екатеринбург: РГППУ, 2023. С. 114–118.
4. Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Ляшук Я.В. Совершенствование системы контроля процесса переработки нефти // Фундаментальные исследования. 2018. № 7. С. 29–33. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42202> (дата обращения: 15.02.2025).
5. Волгушев А.Н., Сафонов А.С., Ушаков А.И. Автозаправочные станции: Оборудование. Эксплуатация. СПб.: ДНК, 2001. 176 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.bolohovom.ru/doc/avtozapr_stanzii.pdf?ysclid=m7k513z1qx707252271 (дата обращения: 15.02.2025).
6. Щербакова Т.Р., Воронин К.С. Учет операций на АЗС посредством метрологического обеспечения // Нефтегазовый терминал. Выпуск 18: сборник научных трудов международной научно-технической конференции имени профессора Н.А. Малюшина (Тюмень, 15 марта 2020 г.) / Под общ. ред. М.А. Александрова. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. С. 320–325.
7. Аралов О.В., Буянов И.В., Воробьев С.И., Кацал И.Н., Лисин Ю.В., Золотухин О.Е. Современное состояние ведения учетных операций с нефтью и нефтепродуктами с применением измерительных систем в России. М.: Недра, 2019. 246 с. [Электронный ресурс]. URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_012094031/ (дата обращения: 15.02.2025).
8. АУТП.414122.021РЭ Руководство по эксплуатации. Плотномер «ПЛОТ-ЗБ-1П». Арзамас: ЗАО «Авиатех», 2020. 51 с. [Электронный ресурс]. URL: https://aviatech.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2020/09/AVT_PLOT-ZB-1P_RE.pdf?ysclid=m7k5jw1vkw762859439 (дата обращения: 15.02.2025).
9. ТКЛШ 2.822.001РЭ Руководство по эксплуатации. Термометры электронные ExT-01. Томск: ООО «Термэкс», 2019. 32 с. [Электронный ресурс]. URL: https://ptp.by/zip/REN_

ExT_01_2012_file_545_1733.pdf?ysclid=m7k7kriocn168068255 (дата обращения: 15.02.2025).

10. КШОЕ.421451.002РЭ Руководство по эксплуатации. Системы измерительные «СТРУНА+». Королев: ЗАО «НТФ «НОВИНТЕХ», 2015. 103 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://rodigroup.ru/wp-content/uploads/2016/01/Rukovodstvo-po-e%60kspluatatsii-STRUNA-.pdf> (дата обращения: 15.02.2025).

11. Системы измерительные «СТРУНА+»: описание типа средства измерений, рег. № 58711-14, утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 04 июня 2024 г. № 1362 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, 2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/371793> (дата обращения: 16.02.2025).

12. Федорович Н.Н., Апинян А.С. Анализ потенциальных несоответствий при проведении испытаний нефтепро-

дуктов // Материалы конференций ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ» (Санкт-Петербург, 25–30 июня 2018 г.). Сборник избранных статей. СПб.: ГНИИ «НАЦРАЗВИТИЕ», 2018. С. 60–62.

13. Федорович Н.Н., Горшкова Н.В., Федорович А.Н. Проведение оценки состояния измерений в лаборатории для подтверждения ее компетентности // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 12 (114). С. 116–119. URL: [http://globaljournals.ru/assets/files/journals/science-and-business/114/sb-12\(114\)-2020-main.pdf](http://globaljournals.ru/assets/files/journals/science-and-business/114/sb-12(114)-2020-main.pdf) (дата обращения: 16.02.2025).

14. ГОСТ Р 58404-2019 Станции и комплексы автозаправочные. Правила технической эксплуатации. М.: Стандартинформ, 2019. 50 с.

15. МИ 1864-2020 Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Колонки топливораздаточные. Методика поверки. СПб.: ФГУП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2020. 22 с.