

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора ФГУП  
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»  
Кривцов Евгений Петрович

« 2 » апреля 2015 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Федерального государственного унитарного предприятия  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»

Выписка из протокола № 3  
заседания Секции Ученого Совета ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»  
по механическим измерениям от 2 апреля 2015 г.

**Присутствовали**

Члены Секции Ученого Совета:

Лобашев А.А. - председатель, вед. научный сотрудник, к.ф.-м.н., Горобей В.Н. - зам. председателя, руководитель отдела, ученый хранитель ГЭТ 49-80, к.т.н., Снегов В.С. - ученый секретарь, вед. научный сотрудник, ученый хранитель ГЭТ 3-2008, к.т.н., Витковский О.С. - научный сотрудник, ученый хранитель ГЭТ 95-75, Демьянов А.А. - зам. руководителя лаборатории, ученый хранитель ГЭТ 17-96, Домостроев А.В. - руководитель группы, ученый хранитель ГЭТ 18-2000, Каменских Ю.И. - научный сотрудник, помощник ученого хранителя ГЭТ 3-2008, Остривной А.Ф. - рук. лаборатории госэталонов и научных исследований в области измерений массы и силы, Семенов С.А. - руководитель группы, ученый хранитель эталона ГЭТ 32-2011, Чернышенко А.А. - руководитель группы, ученый хранитель ВЭТ 49-2-2006.

Приглашенные:

Копыльцова А.Б. - инженер, сектор неорганического анализа, Котляров Р.Ю. - научный сотрудник, лаборатория госэталонов и научных исследований в области измерений массы и силы, Леонтьев М.Ю. - ведущий инженер, лаборатория избыточного давления и разности

давлений, Любомиров А.Б. - заведующий аспирантурой ВНИИМ, Слаев В.А. - главный научный сотрудник, лаборатория теоретической метрологии, д.т.н., проф., Телитченко Г.П. - ведущий научный сотрудник, лаборатория госэталонов в области измерений режимов электрических цепей, к.т.н., доцент, Тихомирова Е.С. - научный сотрудник, лаборатория госэталонов и научных исследований в области измерений массы и силы.

Диссертация «Совершенствование метрологического обеспечения измерений количества нефти и нефтепродуктов на основе применения весовых поверочных установок» выполнена на предприятиях Группы Компаний ИМС (ООО «ИМС Индастриз», ООО «Системы Нефть и Газ Балтия», ЗАО «Нефтегазметрология»), ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и ЗАО ВИК «Тензо-М».

В период подготовки диссертации соискатель Сафонов Андрей Васильевич работал в Обществе с ограниченной ответственностью «ИМС Индастриз» в должности советника по метрологии.

В 2013 г. Сафонов А.В. поступил в аспирантуру ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» на заочную форму обучения (приказ 173 к от 30.09.2013 г.) по специальности «Метрология и метрологическое обеспечение» 05.11.15. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2015 г. Удостоверение № 982 от 23.03.2015 г. Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»

Научный руководитель – Конопелько Леонид Алексеевич, доктор технических наук, профессор, ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

### **Слушали**

Выступление Сафонова А.В. по теме диссертации “Совершенствование метрологического обеспечения измерений количества нефти и нефтепродуктов на основе применения весовых поверочных установок”.

### **Вопросы к диссертанту и выступления**

Вопросы задавали Горобей В.Н., Телитченко Г.П. Вопросы вызвали оживленную дискуссию. Сафонов А.В. дал на все вопросы развернутые и убедительные ответы. Они были посвящены эталонному комплексу, специальным весам ВСПМ и локальной поверочной схеме для средств измерений в области учета нефти и нефтепродуктов.

В выступлениях Лобашева А.А., Снегова В.С., Остривного А.Ф. было отмечено, что работа посвящена крайне актуальной теме метрологического обеспечения измерений массы и объема нефти и нефтепродуктов.

В выступлении Остривного А.Ф. отмечалось, что для измерения количественных характеристик нефтепродуктов в России используют системы измерения количества и показателей качества нефти, которые являются многокомпонентными измерительными системами, содержащими как качественные характеристики, такие как плотность, вязкость, так и количественные характеристики – массу и объем. Из подробного анализа, проведенного в первой главе диссертации, следует, что основной вклад в погрешность вносит погрешность измерений массы. Во ВНИИМ был точно измерен мерник, определен его объем. Но из того, что во ВНИИМ можно что-то точно измерить, еще не следует, что страна обеспечена. И вот передача размера единицы стране – это заслуга фирмы ИМС и диссертанта лично. В результате работы созданы не просто весы, а разработана новая измерительная технология.

В выступлении Снегова В.С. было обращено внимание на то, что научный вклад диссертанта состоит в том, чтобы не использовать непосредственно первичный эталон единицы объема, а получать размер единицы непосредственно от рабочего эталона единицы массы, что исключает промежуточную ступень и повышает точность измерений. Кроме того заслуга диссертанта состоит в том, чтобы найти весы требуемой конструкции. Причем не просто хорошие весы, а точные весы, специально предназначенные для взвешивания мерника. С научной точки зрения отличительная особенность калибровки данных весов состоит в том, что они калибруются одной гирей, которая смещается по очереди к каждому из трех весоизмерительных датчиков.

По результатам обсуждения принято следующее

## **Заключение**

### *Личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации*

Автором диссертационной работы проведен анализ и оценка состояния метрологического обеспечения измерений при учете количества углеводородных жидкостей. По их результатам им были сопоставлены вклады различных источников неопределённости измерений массы и объема, которые показали, что наибольший вклад вносят измерения массы. Недостатком существующего метрологического обеспечения является то, что калибровка и поверка средств измерений объема проводится с применением первичного эталона единицы объема, который в свою очередь получает единицу с применением рабочих

эталонов единицы массы. Проведенный автором анализ состояния метрологического обеспечения измерений количества нефти и нефтепродуктов на основе применения весовых поверочных установок привел к формулировке основных задач, стоящих в этой области измерений, приведенных в автореферате и тексте диссертационной работы.

Сафоновым А.В. разработана локальная поверочная схема для средств измерений массы и объема, применяющихся при учете количества углеводородных жидкостей, и обоснована система передача единицы величин от рабочих эталонов единицы массы по государственной поверочной схеме для СИ массы - ГОСТ 8.021 к исходному эталону из состава поверочного комплекса ЗАО «Нефтегазметрология».

Автором проведены экспериментальные исследования по установлению метрологических характеристик поверочного комплекса, оптимизированы режимы измерений, выполнена оценка неопределенностей измерений.

Разработаны метрологические и технические требования к исходному эталону поверочного комплекса ЗАО «Нефтегазметрология», в том числе к разрабатываемым специальным весам.

Разработаны типовые методики поверки и калибровки поверочных установок, мерников и специальных весов с трехкомпонентными весоизмерительными датчиками, предназначенными для поверки эталонных мерников 1-го разряда.

Автором диссертационной работы разработаны и внесены в реестр эталонов РФ рабочие эталоны единицы объема 1-го разряда.

Автор участвовал в разработке ГОСТ Р 54071-2010/Рекомендация OILM R 76 - 2:2007(E) «Весы неавтоматического действия. Часть 2. Формы протоколов испытаний», и других нормативных документов.

#### ***Степень достоверности результатов проведенных соискателем ученой степени исследований***

Результаты исследований при разработке методик калибровки весов специальных ВСПМ, эталонных мерников 1-го разряда и эталонной трубопоршневой установки были опробованы на заводе ООО «СНГБ» в г. Калининград и на заводе ООО ВК «Тензо-М» п. Красково Московской области при калибровке эталонных мерников 1-го разряда.

По результатам экспериментальных исследований специальных весов ВСПМ при нагрузках 320, 1320 кг расширенная неопределенность составила 0,003 %, а во всем диапазоне нагрузок - не превысила 0,005 %.

Была проведена калибровка поверочных установок, которые входят в состав поверочного комплекса ЗАО «Нефтегазметрология» в г. Белгород.

Сравнение метрологических характеристик поверочного комплекса ЗАО «Нефтегазметрология» г. Белгород показывает, что он находится на уровне ведущих зарубежных стран, таких как США, Великобритания, Франция. Высокие метрологические характеристики комплекса позволят в дальнейшем провести международные межлабораторные сличения. Это даст возможность получить метрологическую аттестацию в ведущих зарубежных метрологических институтах.

***Новизна и практическая значимость результатов проведенных соискателем ученой степени исследований***

Для оптимизации системы передачи единиц величин, реализованной в локальной поверочной схеме ЗАО «Нефтегазметрология», были сопоставлены вклады различных источников неопределённости измерений массы и объема, которые показали, что наибольший вклад вносят измерения массы. С этой целью предложено передавать единицу массы исходному эталону единицы массы и объема от рабочего эталона единицы массы с прослеживаемостью к ГПЭ единицы массы.

Показана возможность повышения точности измерений массы при поверке мерников и поверочных установок за счёт применения специальных весов, выполненных на основе трехкомпонентных весоизмерительных датчиков, позволивших учитывать вертикальную и боковые нагрузки, возникающих при взвешиваниях.

Разработана и обоснована локальная поверочная схема на основе исходного эталона и стандарт СТО НГМ 1.1-2014 для поверочного комплекса ЗАО «Нефтегазметрология».

Разработаны методики поверки, основанные на применении специальных весов ВСПМ, которые позволяют сократить время в 2 раза, а стоимость поверки в 7 раз.

Разработан поверочный комплекс с границами погрешности по объему 0,02 ... 0,03%, состоящий из:

- весов специальных с относительной неопределенностью 0,005 %;
- эталонного мерника с неопределенностью измерений вместимости 0,01 %.

В результате исследований появилась возможность разработать мобильные поверочные установки высокой точности, предназначенные для поверки стационарных установок на месте эксплуатации.

Разработан поверочный комплекс ЗАО «Нефтегазметрология» на основе исходного эталона единиц массы и объема жидкости с доверительной относительной погрешностью измерений объема углеводородных жидкостей  $\pm 0,03$  %.

Разработанные методики поверки специальных весов ВСПМ на основе трехкомпонентных датчиков, измеряющих нагрузки по трем координатам, мерников и

поверочных установок позволили в 2 раза сократить время на выполнение измерений и уменьшить вероятность брака поверки поверяемых СИ.

Технические и методические решения позволили в 7 раз уменьшить стоимость применяемого эталонного оборудования, необходимого для поверки эталонных мерников 1-го разряда и мерников высокого класса точности.

Положительные результаты исследований позволили разработать мобильные эталонные поверочные установки с высокими метрологическими характеристиками, предназначенные для поверки стационарных поверочных установок (ПУ) на месте эксплуатации.

Практический результат - создание поверочного комплекса ЗАО "Нефтегазметрология" с улучшенными метрологическими характеристиками и своей локальной поверочной схемой для средств измерения массы и объема.

Результаты исследований показали, что поверка и калибровка поверочных установок возможна только при условии применения весов ВСПМ с погрешностью измерения массы не более 0,005 %.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают погрешность эталонных мерников на уровне 0,007 %, а эталонных поверочных установок с диапазоном погрешности 0,025 ... 0,03 % по разработанным методикам.

Результаты исследований показывают возможность разработки мобильной эталонной поверочной установки с 0,025 ... 0,03 %, с помощью которой могут калиброваться и поверяться стационарные поверочные установки с погрешностью 0,05 %.

Разработанные методики и результаты исследований на базе специальных весов ВСПМ позволяют улучшить метрологическое обеспечение учета нефти, нефтепродуктов при операциях учета. Кроме того, данная работа способствует решению задачи импортозамещения в сфере ТЭК.

#### ***Ценность научных работ соискателя ученой степени***

Результаты многочисленных проведенных калибровок массы и объема показали необходимость разработки и внедрения локальной поверочной схемы для средств измерений массы и объема, применяющихся при учете количества углеводородных жидкостей.

Полученные результаты позволили разработать оптимизированную систему передачи единиц величин от рабочих эталонов единиц массы и силы к эталонным и рабочим средствам измерений массы и объема.

#### ***Научная специальность, которой соответствует диссертация***

Диссертация полностью соответствует специальности «Метрология и метрологическое обеспечение» 05.11.15.

*Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени*

Содержание диссертации полностью представлено в опубликованных автором работах. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе 3 в журналах, рекомендованных ВАК.

*Публикации в научных изданиях, входящих в список ВАК РФ:*

1. В. С. Снегов, **А. В. Сафонов** Работы ТК310 по стандартизации в области измерений массы // Приборы. - 2009. - №3. - С. 27-28.
2. **Сафонов А. В.** Опыт применения ультразвуковых преобразователей расхода в составе систем измерений количества и показателей качества нефти // Измерительная техника. - 2014. - №4. - С. 59-61.
3. **Сафонов А. В.**, Снегов В. С., Остривной А. Ф., Каменских Ю. И. Пути повышения точности измерений массы и объема нефти и нефтепродуктов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2014. - №11. С. 3-9.

*Другие публикации:*

1. **Сафонов А. В.** Применение измерительных преобразователей вязкости нефти в системе магистральных нефтепроводов и их метрологическое обеспечение / А. В. Сафонов, В. П. Жданов, В. В. Писарев, С. В. Быкадоров, Е. И. Соловьев // Нефтегаз International к выставке «Нефтегаз 2008». - 2008. - С. 56-57.
2. **Сафонов А. В.** Сжиженный природный газ, метрологическое обеспечение измерений / Н. В. Даниленко, Г. Э. Ратвелл, А. В. Сафонов, М. А. Сафонова // Сфера Нефть и газ. - 2013. - №3. С. 38-41.
3. МИ 2002 Государственная система обеспечения единства измерений Мерники металлические эталонные наливные 1-го разряда. Санкт-Петербург, ФГУП «ВНИИМ», 2002. – с. 5.
4. МИ 2002 Государственная система обеспечения единства измерений Весы платформенные. Изготовленные фирмой Mettler Toledo, Швейцария. Санкт-Петербург, ФГУП «ВНИИР», 2002. – с. 10.
5. МИ 3058-2007 Государственная система обеспечения единства измерений Мерники металлические эталонные 1-го разряда. Методика поверки. Санкт-Петербург, ФГУП «ВНИИР», 2007. – с. 7. 24
6. МИ 3059-2007 Государственная система обеспечения единства измерений Весы платформенные высокого класса точности KES 1500 фирмы Меттлер Толедо. Санкт-Петербург: ФГУП «ВНИИМ», 2007. – с. 11.
7. МИ 3155-2008 Государственная система обеспечения единства измерений Установки

- поверочные трубопоршневые. Методика поверки поверочными установками на базе мерника и объемного счетчика. Казань, ФГУП «ВНИИР», 2008. – с. 19.
8. МИ 3209-2009 Государственная система обеспечения единства измерений Установки поверочные трубопоршневые. Методика поверки с помощью поверочной установки на базе эталонных мерников. Санкт-Петербург: ФГУП «ВНИИМ», 2009. – с. 23.
9. МИ 3268-2010 Государственная система обеспечения единства измерений Установки поверочные трубопоршневые 2-го разряда. Методика поверки установками поверочными на базе компакт-прувера и компаратора. Казань: ФГУП «ВНИИР», 2010. – с. 21.
10. МИ 3264-2010 Государственная система обеспечения единства измерений Установки трубопоршневые Syncrotrak фирмы Calibron Systems Inc., США. Методика поверки с помощью эталонных мерников. Санкт-Петербург: ФГУП «ВНИИМ», 2010. – с. 15.
11. МИ 2550-0163-2011 Государственная система обеспечения единства измерений Установки поверочные FMD. Методика поверки. Санкт-Петербург: ФГУП «ВНИИМ», 2011. – с. 21.
12. G01F Патент на полезную модель №:102995. Установка для поверки трубопоршневых установок / **А.В. Сафонов** (RU), Бобрик Н. В. (BY) // - 2009.
13. CMC Certificate number 39332546 A test installation for the calibration of Pipe Provers // VSL Dutch Metrology Institute // - 2014.
14. Новые средства измерений в нефтегазовой промышленности / **А.В. Сафонов** // Конференция «Метрология нефтегазовой отрасли»: - Санкт-Петербург, 2009.
15. Опыт применения новых преобразователей расхода / **А.В. Сафонов**, С.Ю. Денисенко // Метрологическая конференция: - Казань, 2010. 16. От единицы массы к единице плотности, прослеживаемость результатов измерений / **А.В. Сафонов**, Д. Фитцджеральд // Конференция «Нефтегаз 2011»: Москва, 2011.
22. Новые средства измерений количества и качества нефти, нефтепродуктов, опыт применения / **А.В. Сафонов**, С.Ю. Денисенко // Конференция «Актуальные вопросы метрологического обеспечения учета жидкостей и газов»: - Казань, 2011.
17. Измерения попутного нефтяного газа / **А.В. Сафонов**, С.Ю. Денисенко // Конференция «Учет природного газа»: - Харьков, 2012.
18. Опыт применения ультразвуковых преобразователей расхода в составе измерений количества и показателей качества нефти / **А.В. Сафонов**, С.Ю. Денисенко, И.Р. Каррамов // Третья Всероссийская конференция «Метрология и стандартизация нефтегазовой отрасли - 2013»: - Санкт-Петербург, 2013.
19. Калибровочная станция ООО «Нефтегазметрология» / **А.В. Сафонов** // 2-я Международная метрологическая конференция «Актуальные вопросы метрологического обеспечения измерений расхода и количества жидкостей и газов»: - Казань, 2014.



20. Advanced DP Meter Diagnostics – Developing Dynamic Pressure Field Monitoring / Jennifer Rabone, Swinton Technology Ltd UK; George Kidd, ConocoPhillips – UK; Bob Peebles, ConocoPhillips – USA; **Andrey Safonov**, IMS Group – Russia; Ilnur Khairullin, STP – Russia; Josh Kinney, CEESI – USA // 32<sup>nd</sup> International North Sea Flow Measurement Workshop Presentation : book of abstracts. – Saint Andrew, UK, 2014. – 4 p.
21. ГОСТ Р 54071-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Весы неавтоматического действия. Часть 2. Формы протоколов испытаний. М.: Стандартинформ, 2011 г., стр. 1-71.
22. СТО НГМ 1.1-2014 Стандарт организации. Локальная поверочная схема для средств измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов, мерников эталонных металлических с применением эталона единиц объема и массы нефти и нефтепродуктов Поверочного комплекса ЗАО «Нефтегазметрология». Белгород.: ЗАО «Нефтегазметрология», 2014 г., стр. 1-24.

Диссертация «Совершенствование метрологического обеспечения измерений количества нефти и нефтепродуктов на основе применения весовых поверочных установок» Сафонова Андрея Васильевича **рекомендуется** к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Метрология и метрологическое обеспечение» 05.11.15.

Заключение принято на заседании Секции Ученого Совета ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по механическим измерениям 2 апреля 2015 г. Присутствовало на заседании 17 человек, из них с правом решающего голоса - 10 чел. Результаты голосования: «за» - 10 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 3 от 2 апреля 2015 г.

Председатель Секции Ученого Совета ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по механическим измерениям, вед. научный сотрудник лаборатории госэталонов и научных исследований в области измерений массы и силы, к.ф.-м.н.

Лобашев А.А. 

Ученый секретарь Секции Ученого Совета ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по механическим измерениям, вед. научный сотрудник, ученый хранитель ГЭТ 3-2008, к.т.н.,

Снегов В.С. 