DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-133-138

УДК 51-74

РАЗРАБОТКА УСТАНОВОК ПОВЕРКИ РАСХОДОМЕРОВ ЖИДКОСТИ ШИРОКОГО ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ

DEVELOPMENT OF LIQUID FLOW METER VERIFICATION PLANTS

Липин Артем Вадимович[1],
инженер электроник, к.т.н., e-mail: Lipiav@mail.ru
Artem V. Lipin, engineer-developer, p.h.d.
Бунин Виталий Петрович[1],
начальник отдела разработки электроники, e-mail: bvp@yandex.ru
Vitaly P. Bunin, department head
Липина Галина Александровна[2],
старший преподаватель, e-mail: a746025@yandex.ru
Galina A. Lipina, senior lecturer

[1]ООО "Аргоси Аналитика" 107113, Россия, г. Москва, ул. Сокольнический Вал, д. 6, корп. 1.
[1]«Argosy Analytics Ltd.», 6/1 street Sokolnichesky val, Moscow 107113, Russian Federation
[2]Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
[2]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация: *В данной статье раскрывается актуальность и подход к созданию установок поверки расходомеров жидкости широкого диапазона измерений, предназначенной для работы в составе метрологической лаборатории, либо производственного комплекса. В ней упоминаются проблемы, стоящие перед разработчиками, а также рассматривается ряд технических аспектов ее функционирования, таких как принцип создания потока жидкости, способ точного дозирования жидкости, синхронизация средств автоматики и измерений. Из-за необходимости соблюдения коммерческой тайны в статье описывается только общий принцип действия установки и ее структура, что, однако, позволяет понять и оценить подход к практической реализации данной инженерной задачи. Приведенная в статье информация несет ознакомительный характер, однако представляет интерес с точки зрения создания специализированных метрологических автоматизированных систем, успешно функционирующих на современном производстве.*

Abstract: *The subject of this article is the relevance and approach to the development of liquid flow meter verification plants, designed for a metrological laboratory or a manufacture. It describes the working out problems and also considers a number of technical aspects of its functioning such as the principle of creating a fluid flow, the method of liquid accurate dosage and synchronization of measurement and automatic means. Because of the necessary to observe commercial secrets, the article only describes the general principle of its work and its structure. However, it has enough information to understand and praise the approach to the practical realization of this engineering task. The information introduced in this article is of general type, but it can be valuable for developing specialized metrological automatic systems, which work successfully in modern manufacture.*

Ключевые слова: *расходомер, класс точности, поверка, широкий диапазон, автоматическая система управления.*

Key words: *Flowmeter, accuracy class, verification, wide range, automatic control system.*

Актуальность работы.

Для многих отраслей промышленности, как в добывающем, так и в производственном секторе характерна высокая потребность Расходомерах жидкости различных типов. В соответствии с федеральным законом № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» [3], средства измерений, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, до ввода в эксплуатацию, а также после ремонта подлежат первичной поверке, а в процессе эксплуатации - периодической поверке.

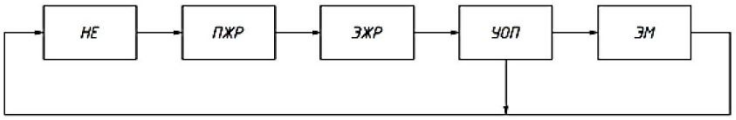

Рис.1. Упрощенная схема установки
Fig.1. Simplified diagram of the plant

Вне зависимости от их принципа действия, проблема обеспечения метрологической точности измерений является актуальной и нетривиальной задачей, особенно учитывая тот факт, что большинство промышленных расходомеров обладает высокой пропускной способностью, а их класс точности существенно превышает таковой у бытовых приборов. В настоящее время установки поверки жидкостных расходомеров широкого диапазона являются высокотехнологичным, дорогостоящим и уникальным товаром, защищенными патентами и приемами «ноухау» [4].

Целью данной работы является описание подходов и особенностей создания отечественной автоматизированной установки поверки расходомеров жидкостного типа, в широком диапазоне измерений. Для поверки прибора требуется создать замкнутую систему, содержащую непосредственно поверяемый и эталонный прибор с точностью, превышающей точность поверяемого прибора. Основной задачей данной установки является создание потока жидкости с определенными характеристиками через поверяемый и эталонный прибор, и, в случае использования контрольного массомера, отсечение точного объема жидкости в весовую емкость.

Для создания идеальных условий для поверки и исключения влияния множества факторов снижающих точность поверки можно представить себе некую теоретическую установку, в которой дозирование среды в вертикальной вакуумной камере происходит путем отсечения свободнопадающего потока и последующим его замером. Однако на практике подобная установка излишне сложна, обладает огромными габаритами и стоимостью. Поэтому целесообразно создавать установки с принудительным созданием потока по трубопроводам. Данное решение требует учета множества параметров и особенностей технологического процесса, что серьезно повышает требования как к системе управления в частности, так и ко всей конструкции в целом [5].

Алгоритмы функционирования установки определяются положениями нормативных документов по техническому регулированию и метрологии, особенностями установки и поверяемых приборов, а так же соображениями технической логики, заложенной инженерами-конструкторами. В процессе поверки необходимо учитывать целую группу параметров и свойств технологического процесса, такие как характер протекания потока жидкости, ее трение о стенки труб, температура и давление на всем протяжении трубопровода, атмосферное давление и температура внешней среды, а так же такие специфические характеристики, как влажность и масса воздуха, находившегося в мерной емкости перед началом эксперимента [1],[6],[7]. Стоит отметить, что основной задачей системы управления и механики установки поверки расходомеров жидкости является не абсолютное устранение погрешности при проведении эксперимента, но получение достаточной повторяемости полученных результатов в ходе выполнения цикла измерений.

Методы исследования. Во время выполнения НИОКР применялся полный спектр методов технического проектирования, таких как постановка задачи и составление проектного задания, сбор и обработка информации о подобных технологических объектах, анализ нормативной документации, синтез технических решений и их апробация на физических моделях, интерпретация полученных результатов. Для учета ряда параметров применяются расчетные, аналитические, и, в том числе, методы математической статистики.

Результатом работы можно считать успешное создание линии установок поверки жидкостных расходомеров, в настоящее время функционирующих в составе нескольких метрологических лабораторий. Рассмотрим для примера установку с верхней границей диапазона поверки 400 м^3/ч. Упрощенная схема принципа работы установки представлена на рис.1. Поток жидкости из накопительной емкости НЕ, создаваемый насосной станцией попадает в поверяемый жидкостный расходомер ПЖР, после чего проходит эталонный жидкостный расходомер ЭЖР. Для поверки бытовых приборов достаточно сличить показания ПЖР и ЭЖР по ряду контрольных точек, но для приборов с высоким классом точности этого недостаточно. В данной системе поток жидкости минует ЭЖР и попадает в устройство отсечения потока УОП, которое способно в течении нескольких миллисекунд отсечь поток жидкости и осуществить дозирование объема с высокой точностью для последующего замера посредством эталонного массомера ЭМ.

Учитывая необходимость перекрытия нескольких диапазонов измерений, в состав установки вводятся три весовых станции с эталонными массомерами, четыре эталонных расходомера, два терминала подключения поверяемых расходомеров с набором переходных фланцев, а так же насосная станция, включающая в себя три насоса

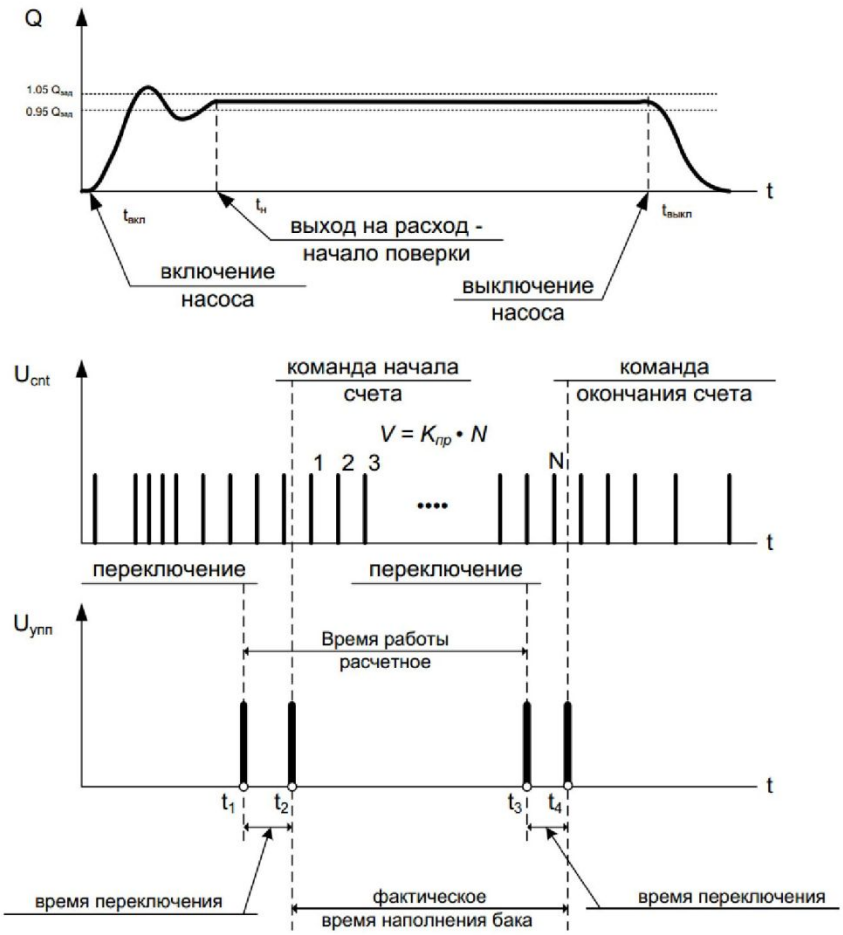

Рис.2. Временные диаграммы цикла поверки по эталонному весовому устройству
Fig. 2. Timing diagram of calibration cycle by the reference weight device

разной производительности.

В качестве эталонных средств измерения в установке используются:

- электромагнитный расходомер-счетчик Ду = 6мм, δ = ±0,25% в диапазоне измерения расходов 0,03м3/ч до 0,6м3/ч (Р1);
- электромагнитный расходомер-счетчик с Ду = 15мм, δ = ±0,25% в диапазоне измерения расходов от 0,6м3/ч до 5м3/ч (Р2);
- электромагнитный расходомер-счетчик с Ду = 50мм, δ = ±0,25% в диапазоне измерения расходов от 5м3/ч до 50м3/ч (Р3);
- электромагнитный расходомер-счетчик с Ду = 150мм, δ = ±0,25% в диапазоне измерения расходов от 50м3/ч до 400м3/ч (Р4);
- весовое устройство ВУ1, δ = ±0,025% при измерении массы до 30кг;
- весовое устройство ВУ2, δ = ±0,025% при измерении массы до 300кг;
- весовое устройство ВУ3, δ = ±0,025% при измерении массы до 1000кг;

Направление и мощность потока определяет и задает запорная арматура с дискретным пневматическим приводом ЗПП (рис.2), а так же запорная арматура с пневматическими позиционерами ЗПП ДП. Для учета вышеперечисленных параметров в состав установки вводятся датчики давления ДД и температуры ДТ. Для функционирования установки необходимо добиться синхронизации работы всех основных узлов, система управления должна быть централизованной и иметь четкую иерархию построения, отображенную на рис.3. Система управления состоит из персонального компьютера, преобразователя интерфейсов USB-RS485, контроллера и специализированного программного обеспечения. Система предназначена для управления запорной арматурой, устройствами отсечения потока, вспомогательными системами, сбора и обработки сигналов с поверяемых и эталонных РЖ, весовых устройств, датчиков температуры, давления. Система состоит из набора дискретных и аналоговых входов/выходов, а также счетных модулей, объединенных между собой в сеть по интерфейсу RS485 по принципу «Master-Slave». Обязанности модуля «Master» выполняют ПК с преобразователем интерфейса. Все остальные модули работают в режиме «Slave» [2].

После запуска оператором программы поверки включается насосная станция и запускается процесс выхода на установленное значение расхода с помощью алгоритма ПИД-регулирования путем управления частотой регуляторов насосов и

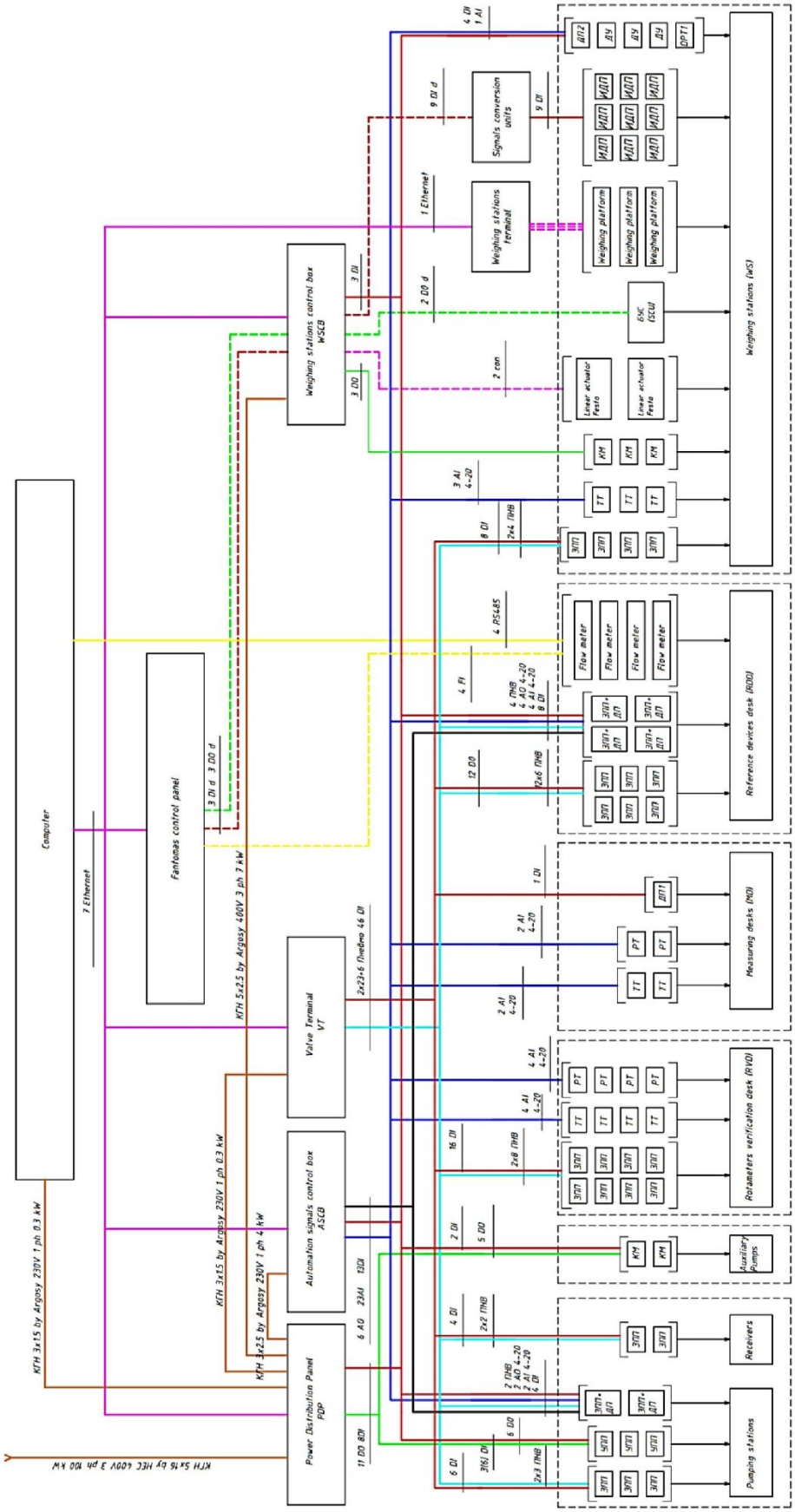

Рис.3. Схема иерархии средств автоматизации
Fig.3. Hierarchy diagram of automatization

(или) положением кранов запорной арматуры. По измеренной частоте импульсов с эталонного расходомера-счетчика определяется действительное значение расхода. Регулирование выполняется до тех пор, пока действительное значение расхода не попадет в полосу ±5% от заданного значения. После этого вырабатывается команда от головного узла автоматики (ПК) на переключение УОП. После поступления сигнала от УОП разрешается счет импульсов формируемых поверяемым прибором. В программе предварительно определяется при известном расходе время прохождения заданного объема жидкости и по мере его истечения вырабатывается команда на переключение УОП. После повторного сигнала с УОП о завершении процесса вырабатывается команда окончания счета. Действительное значение пролитого объема вычисляется по массе жидкости в мерном баке с учетом плотности жидкости и измеренному значению температуры среды [8]. По известному количеству импульсов и коэффициентам преобразования вычисляются объем жидкости, измеренный за одно и то же время эталонным и поверяемым приборами, после чего определяется погрешность последнего (рис.2).

В ходе работ по созданию данной установки был решен ряд технических задач, с применением оригинальных технологических решений, основанных на понимании теории функционирования поверяемых приборов, специфики потребностей промышленного сектора нефтедобычи и нефтепереработки, а так же физики поведения поверочной жидкости. Применяемый в расчетах математический аппарат и ключевые узлы установки будут рассмотрены в последующих статьях данного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фатхутдинов А.Ш. Автоматизированный учет нефти и нефтепродуктов при добыче, транспорте и переработке / М.А. Слепян, Н.И. Ханов, Е.А. Золотухин, М.С. Немиров, Т.А. Фатхутдинов -М.: Недра, 2015.-417 с.

2. Юманкин И.А. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности / А.И. Прудников, С.М. Еремишин. – М: Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности – 2013.-№10.-с.10-13.

3. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон №102-ФЗ. Принят Гос. Думой 26 июня 2008 года.

4. Поверочная схема для средств измерения объема и массы жидкости / СТО Газпром 5.14-2008. – М.,:000 Информационно-рекламный центр газовой промышленности ОАО «Газпром»,2014.-12с.

5. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества вещества. Книга 2. -СПб.: Политехника, -2004.,412с.

6. Расходомеры электромагнитные. Методика поверки / ГОСТ Р 8.675-2009.

7. Государственная поверочная схема для средств измерений объема и массы жидкости. / ГОСТ 8.510-2002. ГСИ. – Введ.01.01.04. -Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. -12с. (Межгосударственный стандарт).

8. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений / ГОСТ Р 8.595-2004. ГСИ. – М.:ИПК Из-во стандартов, 2005.-20с. (Национальный стандарт Российской Федерации).

9. Филатов В.И. Ультразвуковой расходомер для нефтепродуктов. //Автоматизация и КИП. -1988. -№1, -с. 26-29.

10. Morrow and J. Park, Installation Effects on Orifice Meter Performance, Topical Report to GRI, Report Nos. GRI-93/0054-1 & 93/0054-2, Contract No 5086271-2197.

11. Schroder A., Notweding Strorungsfreie Rohrstrecken fur Düsen und Bltnden, BWK, 13, 1961.

12. Murdock J.W. Effect of Clobal Valve in Approach on Orifice Meter. Trans. //ASME, -1956. -p. 15-23.

13. Blushke H. Ergänzende Vesuche Üben den Einflub von Rohrkrummeren auf die Durchflubzahlen von Normblenden. BWK 18,1966.

14. Ghazi H.S. Effects of Upstream Flow non Uniformities on Orifice Meter Performanct Trans// ASME. -1962.-p31-35.

15. Ferron A.C. Velocity Profile Effects on the Discharge Coefficient of Pressure Differential Mtter. Trans. ASME. 1962.

16. Балуев А.Ю. Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. -2015. -№2. с. 15-18.

17. Гуревич В.М. Счетчики жидкости «Центросоник» / В.М. Гуревич, В.А. Козобродов, Ю.С. Малхазов //Материалы II Общероссийской научнопрактической конференции по расходометрии. – М: ОАО ВНИИОЭНГ, 2016. -с.87-93.

18. Абрамов Г.С. Практическая расходометрия в нефтяной промышленности / Г.С. Абрамов, А.В. Барычев – М.: ОАО ВНИИОЭГ. 2002. -460с.

19. Кивилис С.С. Влияние профиля установившегося потока на погрешность ультразвуковых расхо-

домеров. / С.С. Кивилис, В.А. Решетников //Измерительная техника. -1965. №3. -с.52-54.

REFERENCES

1. Fathutdinov A.Sh. Avtomatizirovannyj uchet nefti i nefteproduktov pri do-byche, transporte i pererabot-ke / M.A. Slepjan, N.I. Hanov, E.A. Zolotuhin, M.S. Nemirov, T.A. Fathutdinov -M.: Nedra, 2015.-417 s.
2. Jumankin I.A. Avtomatizacija, telemehanizacija i svjaz' v neftjanoj promysh-lennosti / A.I. Prudnikov, S.M. Eremishin. – M: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut organizacii, upravlenija i jekonomiki neftegazo-voj promyshlennosti – 2013.-№10.-s.10-13.
3. Ob obespechenii edinstva izmerenij: Federal'nyj zakon №102-FZ. Prinjat Gos. Dumoj 26 ijunja 2008 goda.
4. Poverochnaja shema dlja sredstv izmerenija ob#ema i massy zhidkosti / STO Gaz-prom 5.14-2008. – M.,:000 Informacionno-reklamnyj centr gazovoj promysh-lennosti OAO «Gazprom»,2014.-12s.
5. Kremlevskij P.P. Rashodomery i schetchiki kolichestva veshhestva. Kniga 2. -SPb.: Politehnika, -2004.,412s.
6. Rashodomery jelektromagnitnye. Metodika poverki / GOST R 8.675-2009.
7. Gosudarstvennaja poverochnaja shema dlja sredstv izmerenij ob#ema i massy zhid-kosti. / GOST 8.510-2002. GSI. – Vved.01.01.04. -Minsk: Mezhgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 2002. -12s. (Mezhgosudar-stvennyj standart).
8. Massa nefti i nefteproduktov. Obshhie trebovanija k metodikam vypolnenija iz-merenij / GOST R 8.595-2004. GSI. – M.:IPK Iz-vo standartov, 2005.-20s. (Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii).
9. Filatov V.I. Ul'trazvukovoj rashodomer dlja nefteproduktov. //Avtomatizacija i KIP. -1988. -№1, -s. 26-29.
10. Morrow and J. Park, Installation Effects on Orifice Meter Performance, Topical Report to GRI, Report Nos. GRI-93/0054-1 & 93/0054-2, Contract No 5086271-2197.
11. Schroder A., Notweding Strorungsfreie Rohrstrecken fur Düsen und Bltnden, BWK, 13, 1961.
12. Murdock J.W. Effect of Clobal Valve in Approach on Orifice Meter. Trans. //ASME, -1956. -p. 15-23.
13. Blushke H. Ergänzende Vesuche Üben den Einflub von Rohrkrummeren auf die Durch-flubzahlen von Normblenden. BWK 18,1966.
14. Ghazi H.S. Effects of Upstream Flow non Uniformities on Orifice Meter Performanct Trans// ASME. -1962.-p31-35.
15. Ferron A.C. Velocity Profile Effects on the Discharge Coefficient of Pressure Differen-tial Mtter. Trans. ASME. 1962.
16. Baluev A.Ju. Avtomatizacija, telemehanizacija i svjaz' v neftjanoj promyshlenno-sti. -2015. -№2. s. 15-18.
17. Gurevich V.M. Schetchiki zhidkosti «Centrosonik» / V.M. Gurevich, V.A. Kozobro-dov, Ju.S. Malhazov //Materialy II Obshherossijskoj nauchnoprakticheskoj kon-ferencii po rashodometrii. – M: OAO VNII-OJeNG, 2016. -s.87-93.
18. Abramov G.S. Prakticheskaja rashodometrija v neftjanoj promyshlennosti / G.S. Abramov, A.B. Barychev – M.: OAO VNIIOJeG. 2002. -460s.
19. Kivilis S.S. Vlijanie profilja ustanovivshegosja potoka na pogreshnost' ul'tra-zvukovyh rashodomerov. / S.S. Kivilis, V.A. Reshetnikov //Izmeritel'naja tehnika. -1965. №3. -s.52-54.

Поступило в редакцию 12.02.2018
Received 12.02.2018