

13. **ASTM D4006—11 (2012)E1.** Standard test method for water in crude oil by distillation.

14. **ASTM D 4007—07.** Standard test method for water and sediment in crude oil by the centrifuge method (laboratory procedure).

15. **Р ИСО 3734—2009.** Нефтепродукты. Определение содержания воды и осадка в остаточных жидких топливах методом центрифугирования.

16. **ГОСТ Р 54284—2010.** Нефти сырые. Определение воды кулонометрическим титрованием по Карлу Фишеру.

17. **ГОСТ 14203—69.** Нефть и нефтепродукты. Дизелькометрический метод определения влажности.

18. **ASTM D95—13E1.** Standard test method for water in petroleum products and bituminous materials by distillation.

19. **ГОСТ Р 51946—2002.** Нефтепродукты и битуминозные материалы. Метод определения воды дистилляцией.

20. **ГОСТ 21614—81.** Жидкости и газы, не взаимодействующие с реактивом Фишера. Кулонометрический метод определения воды.

21. **Тарасов Б. П., Копыльцова А. Б., Глазачева Е. Н.** Обеспечение точности определения содержания воды с помощью лабораторных и поточных влагомеров нефти: состояние вопроса, проблемы, достижения // Измерительная техника. 2013 № 3. С. 51—55; **Tarasov B. P., Kopyl'tsova A. B., Glazacheva E. N.** Assuring the Precision of Determination of Water Content by Means of Laboratory and Continuous Petroleum Moisture Meters: Status, Problems, Achievements // Measurements Techniques. 2013. V. 56. N. 3. P. 344—349.

22. **ГОСТ 8.615—2005.** ГСИ. Измерения количества извлекаемой из недр нефти и нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования.

23. **ГОСТ Р 54281—2010.** Нефтепродукты, смазочные масла и присадки. Метод определения воды кулонометрическим титрованием по Карлу Фишеру.

Дата принятия 27.01.2014 г.

531.787.089.6:665.6

Измерение давления насыщенных паров нефти и нефтепродуктов: современное состояние и перспективы развития

О. С. ВИТКОВСКИЙ

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева, С.-Петербург, Россия, e-mail: Y.A.Kiselev@vniim.ru

Рассмотрены современное состояние и перспективы развития метрологического обеспечения в области измерений давления насыщенных паров нефти и нефтепродуктов. Затронута проблема контроля качества продукции предприятий нефтяной отрасли как на стадии добычи нефти, так и при переработке, транспортировке и хранении.

Ключевые слова: давление насыщенных паров нефтепродуктов, анализаторы, стандартные образцы абсолютного давления насыщенных паров.

The present state of metrological assurance in the field of measurements of saturated vapor pressure (SVP) of oil and oil products, including the problem of oil industry enterprises production quality control both at the stages of oil production, processing, transportation and storage, and possible prospects of this direction development — are considered.

Key words: saturated vapors of oil products pressure, analyzers, materials of saturated vapors absolute pressure.

Давление насыщенных паров (ДНП) — это давление паров, находящихся в равновесии с жидкой фазой при определенных соотношениях объемов жидкой и паровой фаз и заданной температуре. Для нефти и нефтепродуктов ДНП является функцией их фракционного состава, характеризующей интенсивность испарения и оказывающей влияние на условия хранения продукта, его транспортировку и применение [1]. Эту характеристику используют при оценке качества нефтепродуктов, от нее зависят эксплуатационные свойства топлив, масел, растворителей и т. д., а также результаты расчетов ряда технологических процессов.

В России стандарт [2] является основным документом, регламентирующим измерение ДНП методом, основанным на использовании прибора ЛДП-2 (бомбы Рейда). Данные приборы получили широкое распространение в XX в. и имели погрешность измерения до 30 %. На основе бомбы Рей-

да было создано несколько приборов, в том числе и автоматизированных, но их погрешность, по-прежнему, оставалась высокой.

В последнее время в России используют зарубежные анализаторы ДНП [3], такие как Minivap (Grabner Instruments, Австрия), Setavap II (STANHOPE-SETA, Англия), RVP-4 (Bartec Benke GmbH, Германия) и др. Они удобны в обращении, полностью автоматические, по функциональным и метрологическим возможностям заметно превосходят приборы, созданные на основе бомбы Рейда. Относительная погрешность измерений анализаторов в диапазоне 8—115 кПа не превышает ± 5 %. Испытания с целью утверждения типа этих анализаторов проведены во ВНИИМ.

В 2013 г. на отечественном рынке появились новые анализаторы ДАН MINIVAP VPSH Xpert и MINIVAP LPG (Grabner Instruments, Австрия), которые предназначены для измере-

ния ДНП нефти, невязких углеводородов и растворителей, в частности бензина, а также смесей бензина с оксигенатами. Это компактные, полностью автоматизированные приборы, позволяют быстро и точно определять ДНП невязких жидкостей.

Принцип действия анализатора MINIVAP VPSH Xpert заключается в измерении давления паров пробы, всасываемой поршнем в герметичную, термостатированную измерительную камеру. В зависимости от положения поршня в камере могут создаваться различные соотношения объемов паровой и жидкой фаз. В измерительной камере с применением термостата поддерживается заданная температура, значение которой регулируется термоэлектрическим модулем и контролируется датчиком температуры. Для измерения давления используется встроенный в поршень пьезорезистивный датчик. После установления равновесия температуры и давления измеряется ДНП исследуемого вещества. При измерениях соотношение объемов пар-жидкость выбирается в соответствии с требованиями стандартов [4—6].

Программа анализатора позволяет с помощью корреляционных уравнений вычислять: ДНП по Рейду в соответствии с [2—7]; давление паров бензина и бензиновых смесей по [8]; давление паров нефтепродуктов по формуле, приведенной в [9]. Результаты измерений и расчетов отображаются на дисплее анализатора, оснащенного интерфейсом RS 232 для прямой передачи результатов на принтер или компьютер, а также встроенным процессором для хранения полученных данных с целью их последующей распечатки.

Анализатор MINIVAP LPG — стандартизованный прибор, проводящий измерения в соответствии с [10]. Он рассчитан на автоматическое определение давления паров сжиженных нефтепродуктов. Полученные с его помощью результаты эквивалентны данным, приведенным в [11]. Давление паров определяется с высокой точностью в диапазоне показаний до 2000 кПа при предварительно заданной температуре в пределах 5—70 °С. Прибор автоматический, требуемый объем пробы 15 мл. Сосуд, находящийся под давлением и содержащий испытываемую пробу, подключается к прибору быстродействующим соединителем. Промывка и заполнение пробой происходит автоматически. Для промывки измерительной ячейки используются 10 мл жидкой пробы, для измерения давления паров — 3,3 мл пробы. Этот анализатор — автономный прибор, не требующий дополнительных принадлежностей. Результаты измерений отображаются на жидкокристаллическом подсвечиваемом дисплее с двумя строками по 40 буквенно-цифровых знаков и легко считываются с него.

Для утверждения типа импортных анализаторов во ВНИИМ была разработана высокоточная установка для измерений ДНП нефти и нефтепродуктов в диапазоне 0—160 кПа, имеющая основную приведенную погрешность $\pm 0,25\%$ [12]. Данная установка позволяет не только измерять абсолютное ДНП различных жидкостей, но и контролировать качество продукции, выпускаемой нефтеперерабатывающими и нефтехимическими предприятиями. Ее можно использовать для научно-исследовательских работ и при создании стандартных образцов жидкостей, предназначенных для калибровки и поверки средств измерений ДНП нефтепродуктов, аттестации методик выполнения измерений, контроля достоверности результатов испытаний нефтепродуктов по стандартам [4—9].

Также специально для поверки и испытаний анализаторов были разработаны государственные стандартные образцы (ГСО) абсолютного ДНП на основе нефтепродуктов, таких как гексан, ацетон, эфир и т. д. [13], благодаря которым появилась возможность аттестовывать современные анализаторы последних моделей по абсолютному ДНП. Одновременно были разработаны специальные методики поверки и аттестации для каждого утверждаемого анализатора, позволяющие в любом аккредитованном центре стандартизации и метрологии при наличии указанных ГСО провести поверку анализаторов в своем регионе.

В настоящее время во ВНИИМ ведутся работы по совершенствованию метрологического обеспечения в области измерения давления насыщенных паров. Благодаря разработанной установке повысились уровень контроля качества и точность измерений, что увеличило распространение на территории РФ высокоточных анализаторов давления насыщенных паров.

Литература

1. Ардеев А. А., Бронштейн И. С., Хазиев Н. Н. Определение давления насыщенных паров нефти // Сбор, подготовка и транспорт нефти и воды: Науч. труды ВНИИСПТнефть. Уфа, 1976. Вып. XV. С. 36—39.
2. ГОСТ 1756—2000. Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров.
3. Витковский О. С., Николаева Н. Р. Анализаторы давления насыщенных паров нефтепродуктов // Приборы и средства автоматизации. 2010. № 8. С. 45—49.
4. ASTM D 6377—99. Метод определения давления паров сырой нефти: VPCR_x (метод расширения).
5. ASTM D 6378—03. Стандартный метод определения давления паров нефтепродуктов, углеводородов и углеводородно-воздушных смесей (метод тройного расширения).
6. EN 13016—1. Жидкие нефтепродукты. Давление пара. Определение ДНП, насыщенных воздухом (ASVP).
7. ASTM D 323—82. Стандартный метод определения давления насыщенных паров нефтепродуктов (метод Рейда).
8. ASTM D 4953—99. Метод определения давления бензина и смесей паров бензина с оксигенатами (сухой метод).
9. ASTM D 5191—07. Стандартный метод испытаний для определения давления паров нефтепродуктов (мини-метод).
10. ASTM D 6897—09. Стандартный метод измерения давления паров (VP) сжиженного нефтяного газа (LPG) относительно атмосферного давления.
11. ASTM D 1267—12. Давление насыщенных паров сжиженных нефтяных газов.
12. Горобей В. Н., Крутовских М. П., Витковский О. С. Методы и средства измерений давления насыщенных паров нефтепродуктов // Измерительная техника. 2006. № 3. С. 42—45; Gorobei V. N., Krutovskikh M. P., Vitkovskii O. S. Measurement methods and instruments for the saturated vapor pressure of oil products // Measurement Techniques. 2006. V. 49. N. 3. P. 265—269.
13. Горобей В. Н., Крутовских М. П., Витковский О. С. Исследование стандартных образцов жидкостей АДНП на установке для измерения давления насыщенных паров нефтепродуктов // Разработка, производство, применение и метрологическое обеспечение средств измерения давления и вакуума: Тез. докл. 10-го Междунар. науч.-техн. семинара. СПб., 2006. С. 181—183.

Дата принятия 12.01.2014 г.