

Прибор "Режим-1" для измерения теплофизических свойств веществ.

Симанков Д.С.

Московский авиационный институт (МАИ), pegasds1@mail.ru

Аннотация

По программе УМНИК создаётся портативный цифровой прибор «Режим-1» для измерения теплофизических свойств различных веществ и материалов. Прибор сконструирован так, что обладает конкурентными преимуществами. Список рассчитываемых свойств измеряемого объекта расширен, включая динамические исследования.

Ключевые слова:

измерения, теплопроводность, тепловая активность, эксперимент, прибор.

Введение. По данным Международной комиссии по термодинамике и термохимии ежегодно появляется потребность в данных о свойствах около 13 тыс. веществ и материалов. Но до сих пор нет единой завершённой теории, например, для жидкостей и твёрдых тел. Поэтому роль эксперимента приобретает здесь особую важность. Но даже создание высокопроизводительных методов комплексного измерения свойств не сможет решить эту проблему. Поэтому, с разработкой таких методов измерения надо развивать исследования, приводящие к созданию обобщающих методов расчёта и прогнозирования теплофизических свойств (ТФС). Кроме того, перспективно и давно применяется непосредственное измерение ТФС выпускаемой продукции на выходе из аппаратов химического производства, благодаря чему можно контролировать качество продукции и, изменяя параметры процесса, улучшать его. Поэтому важно создавать прецизионное измерительное научное оборудование для обеспечения науки и техники достоверной справочной информацией о свойствах технически важных жидкостей, повышая общий уровень решения инженерных задач и качества проектирования.

Методы и средства. Теплофизические задачи делятся на стационарный и не стационарный тепловой режима. Прибор «Режим-1» основан на методе кратковременных измерений в стадии иррегулярного теплового режима, в основе которого заложено измерение сопротивления датчика из, предпочтительно, платины в начале и в конце прямоугольного импульса. Далее, расчётным путём вычисляются ТФС. Наиболее близкими этому методу являются периодический (синусоидальный) иррегулярный тепловой режим и метод неразрушающего контроля, который основан на измерении сопротивления датчика в начале первого прямоугольного импульса и в конце последнего прямоугольного импульса. В этих методах за один эксперимент получают больше по количеству измеряемых величин, чем в простом импульсном режиме, однако разрешающая способность во времени параметром измеряемых для быстропротекающих процессов у них хуже. Для примера рассмотрим метастабильную органическую жидкость, в которой требуется определить температуру спонтанной нуклеации. Интегральный метод здесь не применим, поскольку он не может делать такие исследования, а метод иррегулярного теплового режима прекрасно подходит за счёт своего малого времени проведения эксперимента порядка 10^{-4} с. Другой пример может быть приведён из области медицины – теплопроводность биоткани от -20°C до 0°C очень не линейна, следовательно чем больше точек можем дать из эксперимента, тем

более точным будет результирующий аппроксимирующий график теплопроводности от температуры.

Метод проведения экспериментов по иррегулярному тепловому нагреву описан в американском стандарте ASTM C 1113 (2009г). Основное отличие его состоит в том, что время импульса тока на нить минимум составляет несколько секунд, а в иррегулярном режиме предпочтительно до 1с, чаще всего 10^{-3} с. Среди отечественных приборов известны установка Габитова Ф.Р. в Казанском государственном техническом университете, кафедра «Теоретических основ теплотехники» (патенты РФ: МКИ G01 N25/00, 11/00 «Способ для определения свойств жидкости или газа и устройство для осуществления способа», № 2209417, 2001; МКИ G01 N25/18 «Способ для определения свойств жидкости или газа и устройство для осуществления способа», № 2233440, 2002) на которой удалось выполнить автоматизацию эксперимента и установка Спирина Г.Г. в Московском авиационном институте, кафедра «Физика». Обе эти установки используются в научных целях и похожи конструктивно (аналоговое оборудование). Но существуют и коммерческие продукты от иностранных компаний, основанные на ASTM C 1113. Это Untherm 3141 и QuickLine-30 от компании «Экофарм» выполнены как не портативные приборы и их погрешность измерения около 7% и воспроизводимостью измерений 5%. Аналогичным другим примером является зарубежный коммерческий продукт немецкой фирмы NETZSCH, где данный метод выполнен как опция в приборах LFA 427 (2800°C).

Следует отметить, что существуют различные технические решения для исполнения метода определения ТФС по регистрируемому сопротивлению. Например, датчик может подключаться по схеме по 3-м или 4-м каналам (ГОСТ Р 8.625-2006). Существуют схемы с 2 мостами Уинстона. Условно, данную технику можно поделить на средства измерений абсолютных величин (как прибор «Режим - 1») и относительных [5].

Прибор «Режим-1». Общая функциональная схема прибора «Режим-1» и его интеграция показана на рисунке 1 ниже.

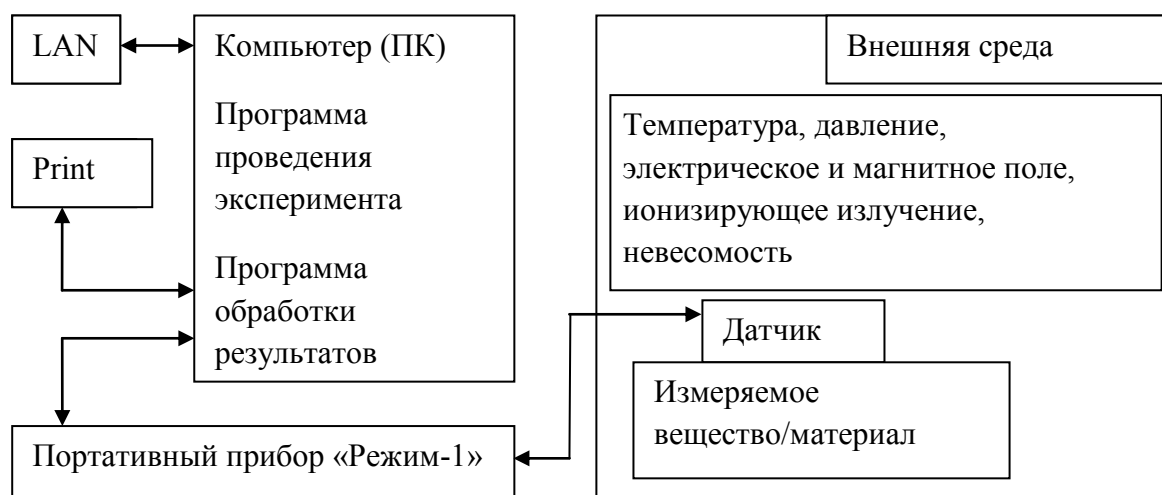


Рис. 1 Функциональная схема эксперимента.

С ПК задаются условия проведения эксперимента (длительность импульса, время эксперимента, характеристики датчика и другое). Далее генератор импульсов в приборе подаёт их на датчик, а так же в течении каждого импульса производит опрос датчика его сопротивления. Затем данные поступают в ПК для обработки, далее либо выводятся на принтер, либо удалённо сбрасываются на сервер в интернете. Это открывает возможность удалённого проведения контроля качества по средствам автоматизированного измерения

параметров изучаемого вещества. Под внешними условиями понимается постоянство или изменение: температуры (от -200 до +1200°C) со скоростью 200°/мин, давление (от 0,1-10 атм), постоянное или переменное электрическое или/и магнитное поля с различной частотой и мощностью, влияние ионизирующего излучения, невесомость. Прибор может быть выполнен во влагозащитном или пылезащитном корпусе. Аппаратная погрешность измерения сопротивления датчика менее 1% и воспроизводимость результатов не хуже 3% согласно расчётным данным по электрической схеме прибора. Планируется изготовить датчики к прибору имеют свои НСХ, соответствующие ГОСТ Р 8.625-2006. Есть возможность организовать передачу данных по одному из каналов- USB 2, RS-232, Wi-Fi. Проведение эксперимента возможно в малых объёмах жидкостей, газов и др in vivo (не нарушают целостность объекта). Прибор весит до 1кг и имеет габариты около 180*160*120 мм. К нему прилагается стандартный источник питания на 30В, 3А и весом около 2,5 кг

Для создания подобных внешних условий, изменяющих свойства изучаемого объекта необходима дополнительная аппаратура, описание которой является отдельной темой. Это оборудование приобретается (берётся в аренду) отдельно под каждую конкретную серию испытаний. Однако, прибор с датчиком может использоваться и в «полевых условиях»: резистивный элемент (датчик) плотно прижимается (если он на подложке) или опускается в исследуемое вещество и производятся измерения не нарушающие целостность объекта измерения (in vivo).

Данный прибор с его программным обеспечением способен будет выполнять динамические измерения: теплопроводности, тепловой активности, тепловых потоков от времени, термического сопротивления, объёмной теплоёмкости (при не изменяющейся плотности тела), кинематической (динамической) вязкости жидкостей, а так же возможно измерение молекулярной массы полимерных и полимеризующихся жидкостей. Кроме того, можно будет определять температуры гомогенной нуклеации органических жидкостей в метастабильном состоянии. Возможно так же изучение критических параметров жидкостей диэлектрических. Создаваемый прибор «Режим-1» и датчики к нему вместе с программным обеспечением может проводить измерения для твёрдых тел, жидкостей, газов, биоматериалов, пластичных материалов, магнитных и метастабильных жидкостей, материалов с плавящейся компонентой и другие, кроме порошкообразных и гранулированных, проводников материалов и веществ. Кроме того, есть возможность измерять анизотропные свойства объектов благодаря особому расположению датчиков.

Прибор «Режим-1» начал создаваться по программе УМНИК. Этап SE практически завершён. Сейчас наступает этап START UP, в процессе которого планируется создание юридического лица и активное развитие программ расчёта описанных выше характеристик веществ и материалов. Объём рынка РФ оценён в 75 штук, но надо учесть, что он заполнен на некоторую часть. Для коммерческого успеха нужны конкурентные преимущества. Для коммерческого успеха нужны конкурентные преимущества. Для прибора «Режим-1» я выделил следующие преимущества: портативность, многоканальные измерения (5 каналов), минимальная на рынке аппаратная погрешность (1%) и воспроизводимость результатов.

Заключение. Изначально прибор создавался только под научные исследования, но расчёт проведения НИОКР показал, что это слишком дорого (650 тыс. руб). Поэтому, наряду с научной работой, собираются коммерческие договоры намерений на предмет проведения опытов и продажи прибора. Параллельно ищутся партнёры за рубежом на предмет научного сотрудничества и коммерческого.

Области применения прибора:

1. Научные и метрологические задачи: исследование различных теплофизических свойств широкого класса веществ и материалов, не искажённые радиационным теплопереносом, а

так же изучения влияния различных внешних факторов на теплофизические свойства веществ и материалов.

2. Нефтехимическая промышленность: дистанционное автоматизированное контролирование технологических процессов с целью оперативного управления качеством выпускаемой продукции.

3. Медицина: изучение биотканей для нужд криомедицины, судебной медицины; определение физиологических параметров в кожи и изучение комфортного состояния человека.

4. Образование: прибор можно использовать в учебном процессе в высших учебных заведениях в лабораторном практикуме и демонстрационном кабинете, а так же в дополнительном школьном и студенческом образовании.

5. Различные частные прикладные задачи: устройство можно использовать как анимометр со стандартными и не стандартными датчиками, а так же как автоматизированную станцию контроля за теплофизическими параметрами окружающей среды (промышленный контроль температуры в помещениях и в отдельных узлах или частях рабочего оборудования). В промышленности можно использовать прибор для выборочного контроля продукции или в собственной лаборатории качества.

Вывод. Многоканальный цифровой портативный прибор «Режим - 1» основанный на абсолютном методе кратковременных измерений в стадии иррегулярного теплового режима собранный на современной электронной цифровой базе является логическим развитием данного метода исследования в научной среде. Кроме того, предпринимаются попытки коммерциализовать данный продукт в РФ и других странах

Библиографический список.

1. Патент МКИ G01 N25/00, 11/00, Зайнуллин И.М., Юзмухаметов Ф.Д., Габитов Ф.Р., Тарзиманов А.А., Шакиров Н.З. «Способ для определения свойств жидкости или газа и устройство для осуществления способа», № 2209417, 2001

2. Патент МКИ G01 N25/18, Габитов Ф.Р., Тарзиманов А.А., Юзмухаметов Ф.Д., Аляев В.А., Шингараев Р.Х. «Способ для определения свойств жидкости или газа и устройство для осуществления способа», № 2233440, 2002

3. www.ecopharm.ru

4. www.netzsch.com

5. Спирин Г.Г. Кратковременные измерения в стадии иррегулярного теплового режима и диагностика теплофизических свойств диэлектрических веществ и материалов на их основе: Дис.докт. техн. наук.; Москва, ИВТАН, 1986; 390с.

Сведения об авторах.

СИМАНКОВ Дмитрий Сергеевич, аспирант Московского авиационного института (национального исследовательского университета) кафедры 801 «Физика».

МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993. e-mail: pegasds1@mail.ru, тел.: +7(926) 173-38-80, +7 (499) 158-46-43