

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОМОГЕННОЙ НУКЛЕАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.

Г.Г. Спирин, Н. Д. Хамзин

Предложена автоматизированная схема измерения температуры гомогенной нуклеации жидкостей методом кратковременного нагрева.

Область перегретых (*метастабильных*) состояний жидкости лежит между бинодалью и спинодалью. Рассмотрим возможности их экспериментального изучения. И, прежде всего - меру их максимального перегрева.

Этот перегрев ограничен нуклеацией жидкости, т.е. флуктуационным образованием паровых зародышей, размеры которых превосходят критический. На таких зародышах жидкость способна чрезвычайно быстро вскипать. Зависимость частоты флуктуационного образования зародышей от температуры выражена очень сильно. В случае перегретого этилового эфира, например, при температуре 143°C частота нуклеации равна 1. Ниже этой температуры всего на два градуса вероятность появления зародыша уменьшится в 10^{10} раз, а выше на три градуса - возрастет в 10^{10} раз. Это показывает, что, с одной стороны, жидкость чрезвычайно устойчива по отношению к появлению спонтанных зародышей, а с другой стороны в узком температурном диапазоне, который можно характеризовать определенной температурой, называемой температурой гомогенной нуклеации, с вероятностью, практически равной единице, она вскипает.

Принципиальное отличие метастабильных фазовых состояний от стабильных – конечное время их существования (время жизни). Таким образом, время проведения эксперимента ограничено временем жизни метастабильных фазовых состояний. В [1] сформулированы следующие требования к экспериментальным установкам для исследования теплофизических свойств перегретых жидкостей:

1. Необходимо создать по возможности чистые условия опыта (избавиться от готовых центров кипения).
2. Нужно использовать оптимальный по скорости перевод жидкости в метастабильное состояние.
3. Теплофизические свойства в доступной для измерения области метастабильных состояний мало меняются по изотермам и изобарам. Следовательно, необходима высокая чувствительность установки.
4. Необходимо обеспечить возможность многократных измерений без разборки установки.

Перечисленным требованиям удовлетворяет описанный Павловым и Скриповым [2] метод нестационарного нагрева погруженных в жидкость платиновых проволочек. Идея эксперимента

состоит в быстром нагреве граничащего с провололочкой слоя жидкости. Роль искусственных центров, как регуляторов температуры, становится в этом случае малоэффективной, и жидкость можно перегреть до температуры гомогенной нуклеации. Развившееся кипение нарушит при этом режим нагрева проволоочки, и это можно зафиксировать на осциллографе. Такой режим нагрева жидкости авторы [2] называют ударным. Теория метода и, в частности, критерии реализации ударного нагрева подробно рассматривались в [3]. Достижение температур гомогенной нуклеации возможно при значительных скоростях нагрева жидкости - $2 \cdot 10^5$ К/с.

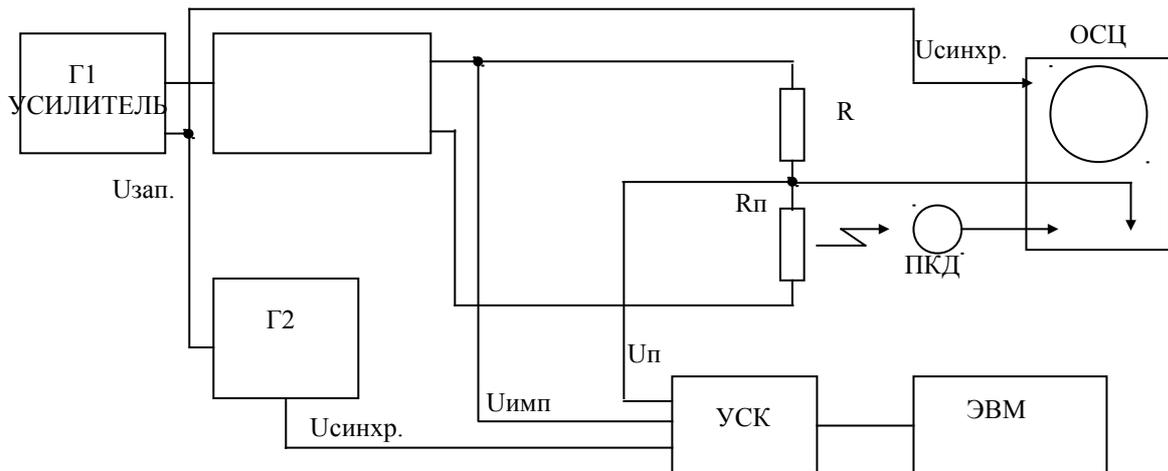
Для регистрации начала нуклеации использовался резкий локальный подъем давления при распаде метастабильного слоя жидкости, граничащего с провололочкой. Этот слой является источником достаточно интенсивного акустического излучения, который поступает на приемник ПКД (пьезокерамический датчик) и фиксируется осциллографом.

Регистрация времени нуклеации жидкости определяет температуру проволоочки, которая отождествляется с температурой нуклеации жидкости T' . На Рис.1 представлена схема экспериментальной установки. С генератора Г1 на усилитель поступают импульсы длительностью 300 мкс. и частотой 1 Гц. В усилителе предусмотрена регулировка амплитуды напряжения импульсов от 5 до 100 В. Далее импульсный сигнал поступает на делитель $R:R_p$, где R – переменное сопротивление, которое выставляется равным R_p – сопротивлению платиновой проволоочки.

Проволочка и пьезокерамический датчик ПКД помещаются в исследуемую жидкость. При увеличении напряжения на усилителе, разогретая проволоочка приводит к вскипанию жидкости и появляется сигнал с ПКД – признак начала нуклеации. Сигнал с проволоочки и ПКД фиксируется на осциллографе С1-79. Для того, чтобы лучше рассмотреть начало нуклеации, осциллограф синхронизируется от Г1. Для определения температуры вскипания жидкости измеряются напряжения с выхода усилителя ($U_{имп}$) и на проволоочке (U_p) в момент прихода сигнала с ПКД. Измеренные с помощью УСК (устройство сопряжения с компьютером) значения напряжений поступают в компьютер (ЭВМ).

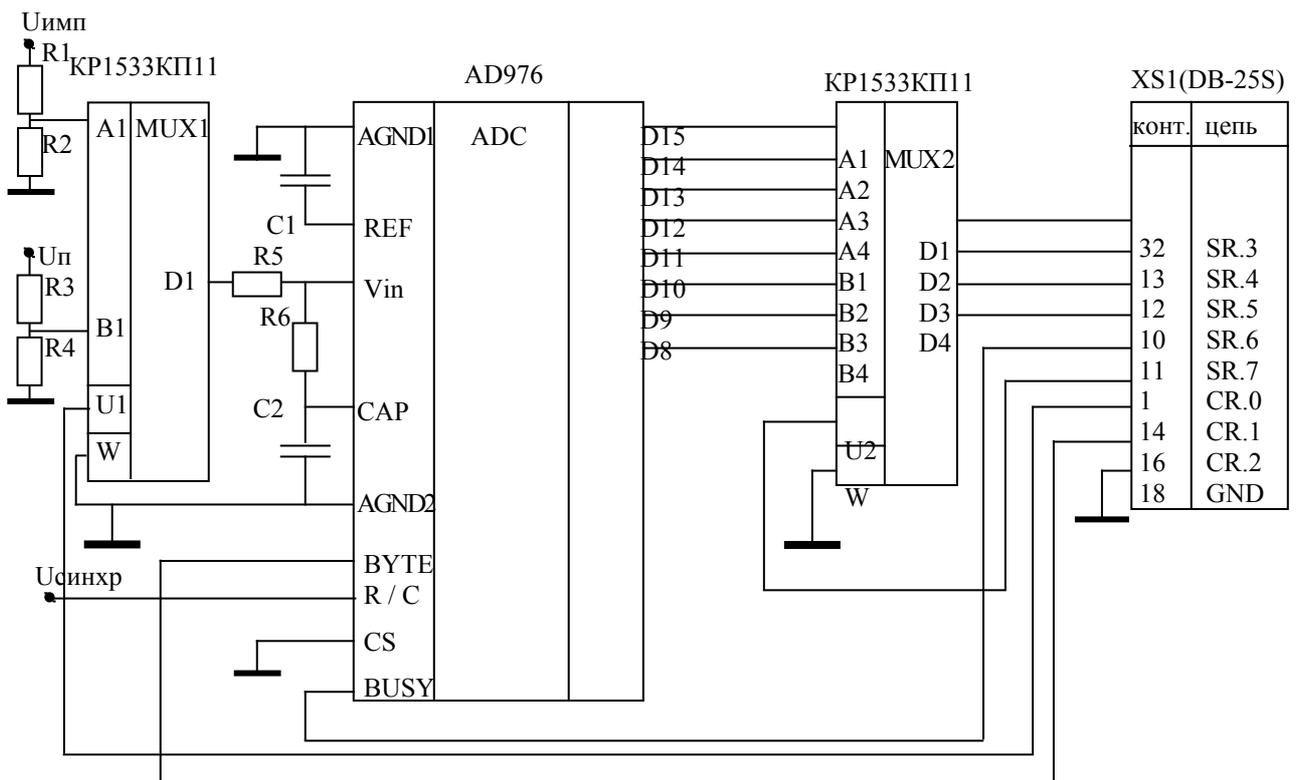
УСК синхронизируется от генератора Г2 ($U_{синхр}$), который в свою очередь запускается от Г1 ($U_{зап}$). Сопротивление разогретой проволоочки вычисляется компьютерной программой по формуле: $R_p = U_p R / (U_{имп} - U_p)$.

Электрическая схема УСК (Рис.2) состоит из мультиплексора выбора измеряемого напряжения (MUX1), аналого-цифрового преобразователя (ADC) и мультиплексора связи (MUX2) с портом компьютера. Параметры микросхем приведены в [4]. Связь с ЭВМ осуществляется через параллельный порт.



$R_{д1}=10 \text{ кОм}$; $R_{д2}=1 \text{ кОм}$; $R= R_{п}$.

Рис.1 Схема экспериментальной установки.



$R1=10 \text{ кОм}$; $R2=1 \text{ кОм}$; $R3=10 \text{ кОм}$; $R4=1 \text{ кОм}$; $R5=200 \text{ Ом}$; $R6=33 \text{ кОм}$; $C1= C2= 2,2 \text{ мкф}$.

Рис.2 Схема устройства сопряжения.

Точность измерения напряжения аналого-цифрового преобразователя $\sigma = \pm 0,3$ мВ. Погрешность измерения температуры составит менее 1°C при условии, что переменное сопротивление R будет выставлено с точностью до сотых долей ома.

Предложенный метод измерения обладает двумя существенными достоинствами:

1. Автоматизация процесса измерения позволяет сохранять полученные экспериментальные данные в базе данных компьютера с последующей их обработкой.
2. В отличие от традиционного метода, используемого в [1], где измерения проводятся с мостовой схемой, в предложенной нами установке нет проблемы с подключением осциллографа в мостовую схему. Эта проблема заключается в том, что генератор с усилителем и осциллограф должны быть электрически развязаны по шине заземления.
3. Возрастает производительность проведения эксперимента: значение температуры гомогенной нуклеации может быть определено в течение одного импульса.

К недостаткам предложенного метода можно отнести необходимость в дополнительном оборудовании: УСК и компьютер.

Список литературы.

1. Скрипов В.П. Метастабильная жидкость. – М.: Наука, 1972.- 240с.
 2. Скрипов В.П., Синицин В.Н., Павлов П.А. Теплофизические свойства жидкостей в метастабильной области. – М.: Атомиздат, 1975.- 206 с.
 3. Спирин Г.Г., Черезов А.Н. Ударное вскипание жидкости около импульсного источника.-М.: ТВТ, 1981. -368 с.
 4. Мальцев П.П., Долидзе Н.С., Критенко М.И. Цифровые интегральные микросхемы. Справочник. –М.: Радио и связь, 1994. -60 с.
-

Сведения об авторах.

Спирин Геннадий Георгиевич, профессор кафедры физики Московского авиационного института (государственного технического университета), д.ф.-м.н.

Хамзин Наджим Данилович, аспирант кафедры физики Московского авиационного института (государственного технического университета).

тел. 253-57-22 (раб.) с 9⁰⁰ до 17⁰⁰.