

03:07

Измерение и анализ спектра гидролюминесценции

© Д.А. Бирюков, Д.Н. Герасимов, О.А. Синкевич

Московский энергетический институт
E-mail: deniger@mail.ru (Герасимов Д.Н.)

Поступило в Редакцию 22 июля 2011 г.

Исследован спектр гидродинамической люминесценции — свечения жидкостей при механическом на них воздействии. Показано, что излучающий газ имеет низкую вращательную и высокую колебательную температуру, что свидетельствует в пользу электрического, а не теплового возбуждения свечения.

Гидродинамическая люминесценция (гидролюминесценция, ГЛ) — термин, предложенный в [1] для обозначения свечения жидкостей при течении их в узком канале (диаметр 1 мм) при входном давлении жидкости более 2 МПа. На сегодняшний день трудно сделать однозначное заключение о том, имеет ГЛ физическую природу, аналогичную более широко известному явлению сонолюминесценции [2], или нет, тем более что вопрос о механизме сонолюминесценции до сих пор остается предметом дискуссий. Возможно, изучение гидролюминесценции представляет интерес и для понимания механизма пробоя жидких диэлектриков.

В данной работе явление ГЛ исследуется на установке, изображенной на рис. 1: рабочий участок представляет собой цилиндрическую трубку из оргстекла диаметром 29 мм, диаметр наиболее узкой части канала составляет 1 мм.

Для диагностики излучения ГЛ использовался спектрометр AvaSpec-2048 с разрешением 2.4 нм. В качестве исследуемого вещества использовалось индустриальное масло И-40А. Дегазация масла не проводилась.

В ходе экспериментов, как и в [1], наблюдалось пульсирующее сине-фиолетовое свечение жидкости (гидролюминесценция) на входе в узкий канал рабочего участка. Спектр свечения, показанный на рис. 2, а, состоит из сплошного спектра, который можно назвать собственным

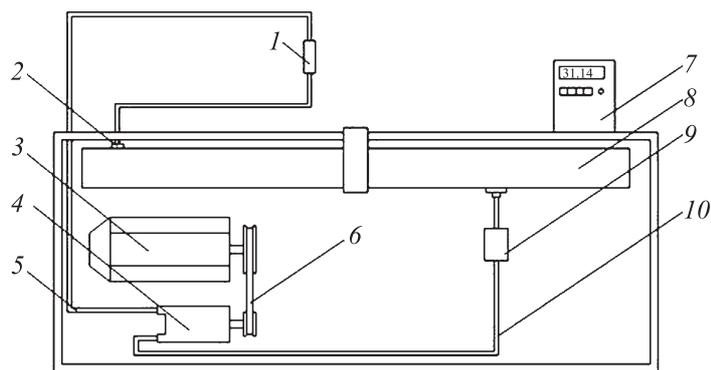


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — рабочий участок, 2 — заливная горловина резервуара с исследуемой жидкостью (масло И-40А), 3 — трехфазный асинхронный мотор АИР80В2У3, 4 — насос шестеренный НШ10У-3, 5 — выходной шланг высокого давления, 6 — привод от мотора к насосу, 7 — малогабаритный векторный преобразователь частоты Е2-8300, 8 — резервуар с исследуемой жидкостью, 9 — масляный фильтр, 10 — входной шланг.

спектром ГЛ, и полос излучения азота, присутствие которого обусловлено растворенным в масле воздухом.

Наличие в спектре полос азота оказывается весьма удобным для диагностики параметров излучающей среды. На рис. 2, а для сравнения показан спектр второй положительной системы излучения молекулярного азота (переход $S^3\Pi-V^3\Pi$): видно полное совпадение, за исключением полос в спектре ГЛ, принадлежащих первой отрицательной системе азота N_2^+ (переход $V^2\Sigma-X^2\Sigma$). Разница в относительной высоте полос расчетного и экспериментального спектров объясняется поглощением излучения ГЛ в рабочем участке: оргстекле (толщиной 14 mm) и слое масла внутри канала (до 1 mm); следует иметь в виду, что коэффициент поглощения и того, и другого вещества заметно растет в УФ-диапазоне с уменьшением длины волны.

Колебательная и вращательная температуры газа определялись с помощью сопоставления расчетного спектра 2^+ -серии N_2 и наблюдаемых полос ГЛ. При этом следовало учитывать упомянутое выше ослабление излучения, вследствие чего сравнивать можно было лишь близко лежа-

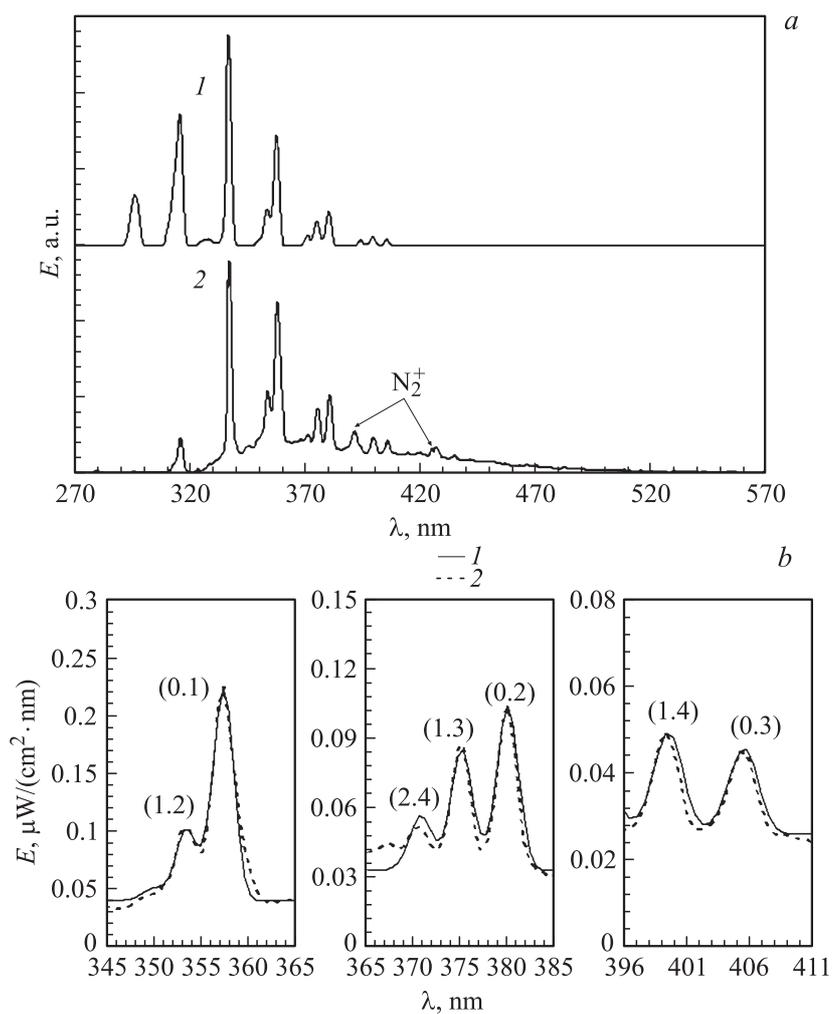


Рис. 2. *a*: 1 — расчетный спектр второй положительной системы азота, 2 — экспериментальный спектр гидролюминесценции (стрелками показаны полосы первой отрицательной системы азота); *b*: 1 — расчетный спектр 2^+ -системы азота (указаны числа колебательных переходов), 2 — экспериментальный спектр гидролюминесценции.

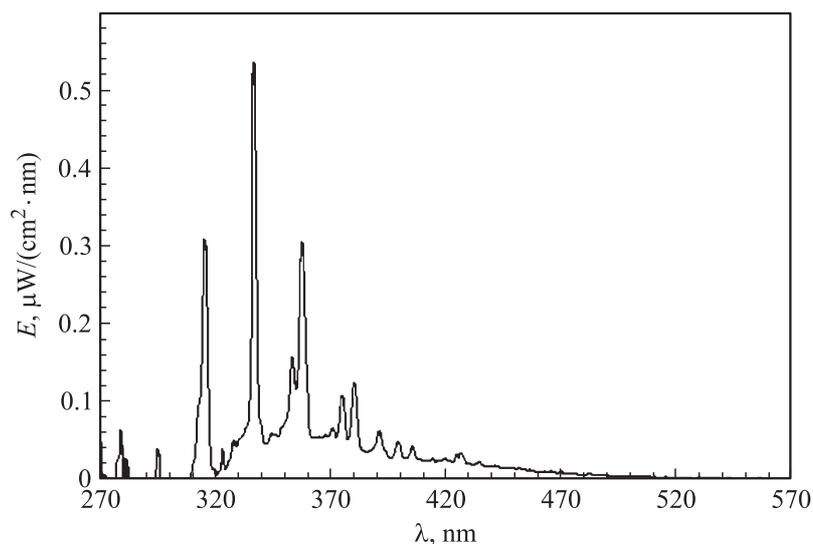


Рис. 3. Спектр гидролюминесценции, скорректированный с учетом поглощения излучения в рабочем участке.

щие полосы при допущении о примерном постоянстве коэффициента поглощения рабочего участка на таких коротких фрагментах спектра.

Расчетный спектр (исходные данные были взяты из [3]) в сравнении с экспериментальным показан на рис. 2, *b*. Наилучшего совпадения удастся добиться при значении колебательной температуры $T_{vib} = 4000$ К и вращательной температуры $T_{rot} = 300$ К. Погрешность определения данных значений (определяемая через чувствительность невязки между расчетным и экспериментальным спектром к значению искомой температуры) составляет не менее 10%.

Как известно, обычно вращательная температура газа является оценкой температуры поступательных степеней свободы, откуда можно сделать вывод об электрической (а не тепловой) природе возбуждения ГЛ, подтверждая тем самым заключение, сделанное в [1].

Собственный (сплошной) спектр ГЛ, изображенный на рис. 2, *a*, искажен вследствие все того же неоднородного поглощения в УФ-диапазоне. Однако „истинный“ спектр ГЛ можно восстановить, исполь-

зую полосы 2^+ -серии азота в качестве реперных спектральных интенсивностей: сравнивая относительные высоты полос экспериментального и расчетного спектров (рис. 2, *a*), можно получить коэффициент пересчета экспериментального спектра K , на который следует умножить экспериментальные значения интенсивностей, чтобы компенсировать поглощение излучения рабочим участком. Полученный таким образом „истинный“ спектр ГЛ показан на рис. 3; как следует из его сравнения с рис. 2, *a*, учет ослабления не привел к качественному изменению формы спектра.

Список литературы

- [1] Маргулис М.А., Пильгунов В.Н. // Журнал физической химии. 2009. Т. 83. № 8. С. 1585–1590.
- [2] Маргулис М.А. Сонолюминесценция // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. № 3. С. 263–287.
- [3] Очкин В.Н. Спектроскопия низкотемпературной плазмы. М.: Физматлит, 2010. 592 с.