

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЖАТОГО ПРОПИЛЕНА

Д.В. Косенков¹, А.В. Пальцев², П.И. Бударин¹, К.Б. Панфилович¹¹Казанский исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия²ООО «Хевел», г. Новочебоксарск, Россия

Рациональное использование энергоресурсов в работе современных промышленных аппаратах возможно в случаях достаточно точных расчетов процессов переноса тепла. При наличии радиационного и радиационно-кондуктивного теплообмена точность расчетов во многом будет определяться надежностью радиационных характеристик сред и в первую очередь спектральных коэффициентов поглощения.

Получение пропилена, и его транспортировка, связаны с повышенными термодинамическими параметрами – давлением и температурой. В этом случае возрастает роль радиационно-кондуктивного переноса тепла между средой и стенками.

Информация по спектрам пропускания углеводородов при атмосферном давлении и комнатной температуре в литературе представлена широко. Данные при повышенных температурах и давлениях имеются в ограниченном количестве, что затрудняет их использовать для расчета радиационных свойств углеводородов при повышенных давлениях.

Экспериментально получены спектры пропилена в интервале волновых чисел от 400 до 4000 см⁻¹, давлений от 0,1 до 7 МПа и в диапазоне температур от 293 до 333 К, при разных толщинах исследуемого слоя вещества: для газовой фазы - 0,01 м, для жидкой – 0,0001 м. Данные по спектральным характеристикам сжатого пропилена отсутствуют. На рис. 1. представлена область измерения спектров пропускания различных авторов.

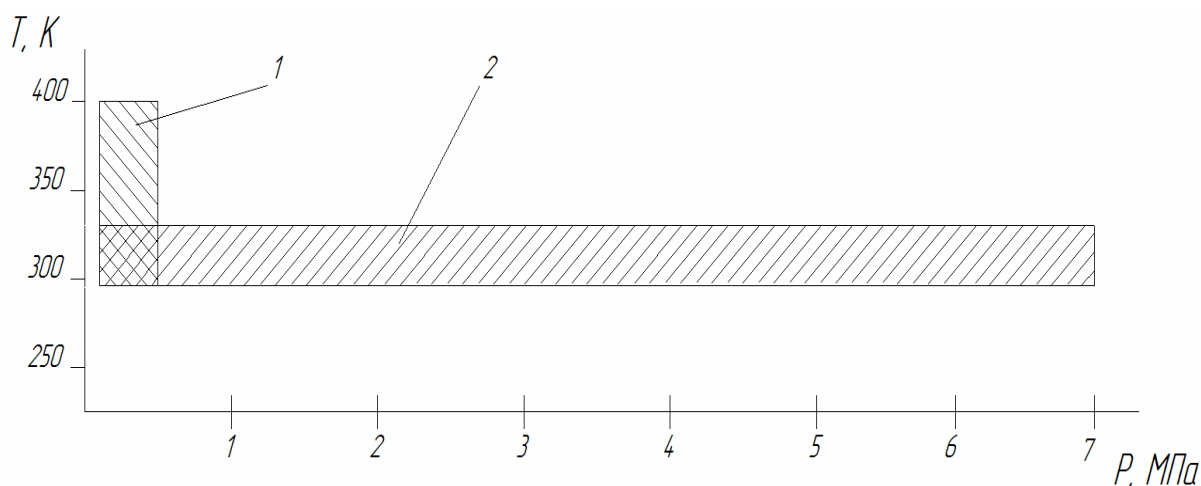


Рис. 1. Область измеренных спектров пропилена: 1 – [1]; 2 – наши измерения

ИК-спектры записаны на спектрофотометре SPECORD M80. Разработана экспериментальная ячейка, позволяющая проводить измерения до 10 МПа и повышенных температурах (рис. 2) [2].

Корпус измерительной ячейки выполнен из нержавеющей стали. Слой исследуемого вещества создавался проставкой, размещенной между оптическими кристаллами. Они изготовлены из синтетического материала KRS-5, пропускающие излучение, интервал длин волн от 0,6 до 38 мкм. Кристаллы практически не взаимодействуют с пропиленом.

В качестве примера на рис. 3. представлены спектры пропускания пропилена.

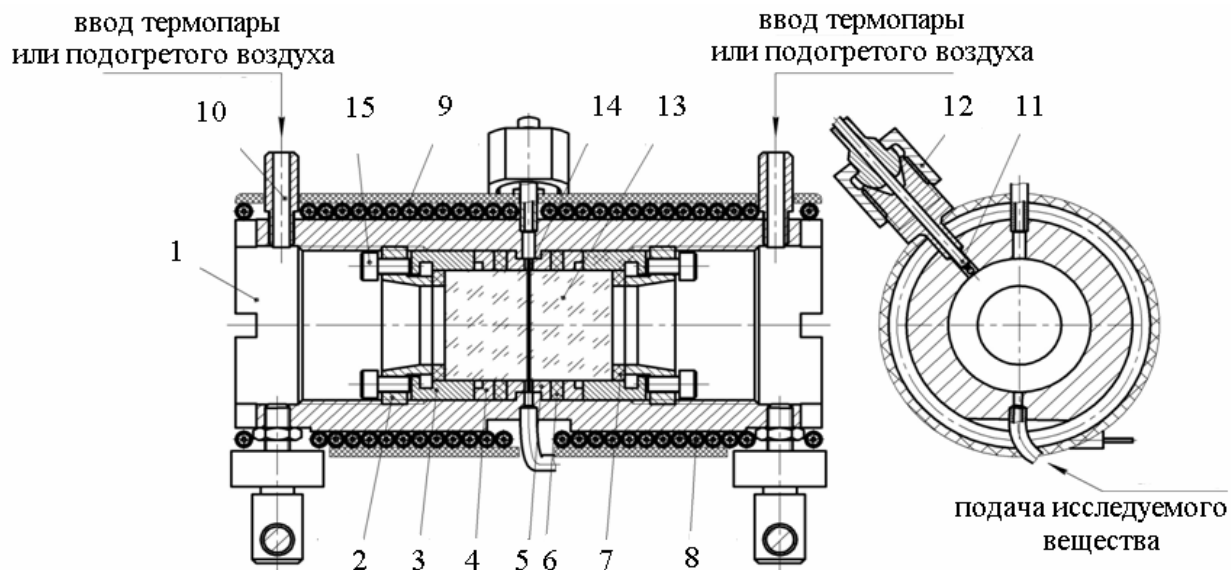


Рис. 2. Измерительная ячейка: 1 - корпус; 2 - гайка; 3 - втулка; 4, 5 - кольцо; 6 - уплотнитель; 7 - прокладка; 8 - нагреватель; 9 - изоляция; 10 - оливка; 11 - термомпара; 12 - гайка; 13 - кристаллы; 14 - разрезное кольцо; 15 - винт

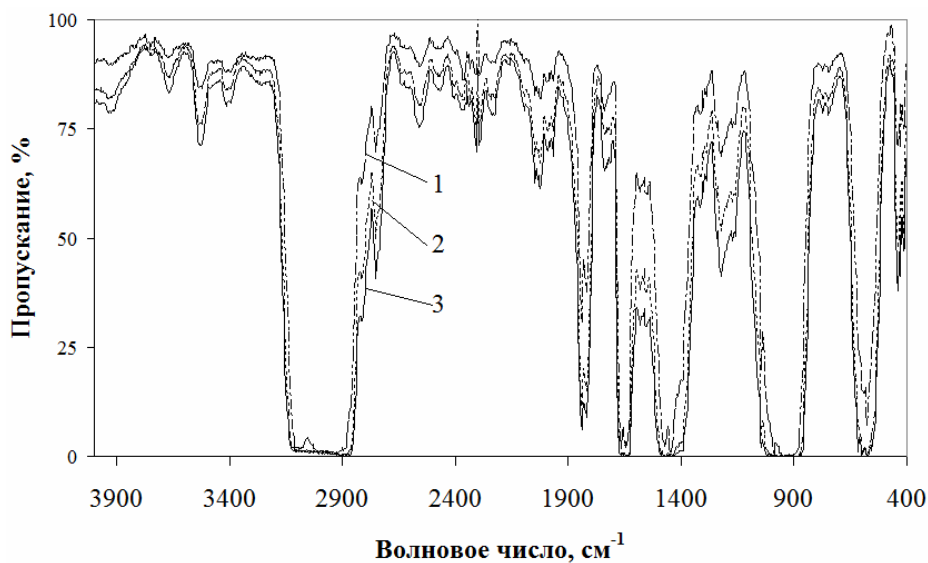


Рис. 3. Спектры пропускания газообразного пропилена при $T=293$ К и давлениях: 1 – 0,3 МПа; 2 – 0,7 МПа; 3 – 9 МПа

Рассчитаны спектральные коэффициенты поглощения:

$$k = -\frac{\ln D}{L}, \quad (1)$$

где D – поглощение, L – толщина исследуемого слоя.

Фазовые переходы газ-жидкость сопровождаются скачкообразным изменением коэффициента поглощения (рис. 4).

Более четко, характер влияния давления на спектральный коэффициент поглощения дан на примере одной полосы спектра (рис. 5).

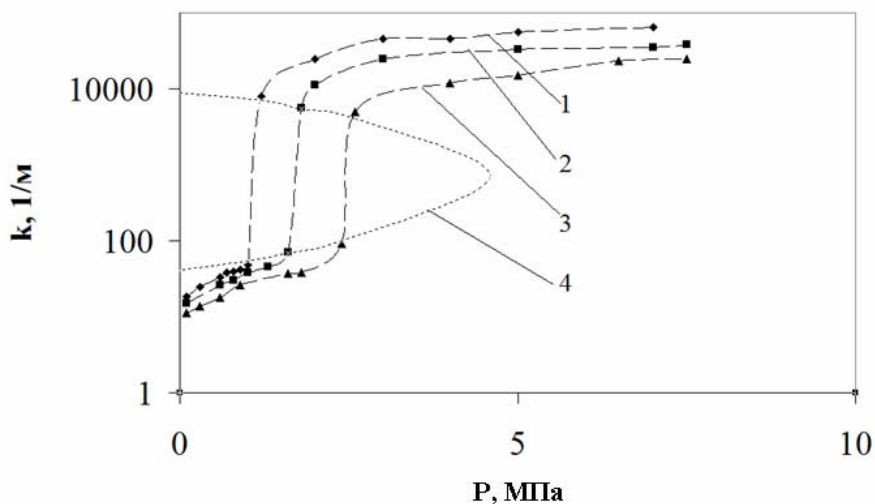


Рис. 4. Спектральные коэффициенты поглощения пропилена при волновом числе $\omega=1960 \text{ см}^{-1}$ и температурах: 1 – 293 К; 2 – 313 К; 3 – 333 К; 4 – пограничная кривая

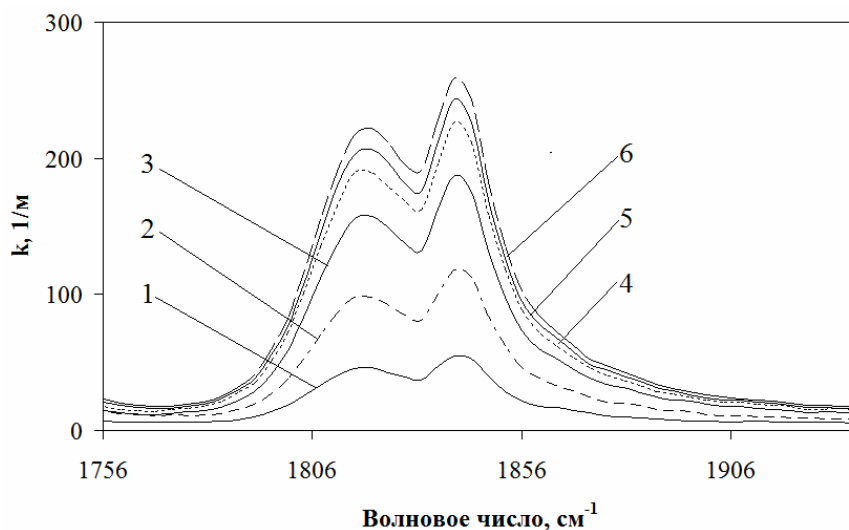


Рис.5. Спектральный коэффициент поглощения газообразного пропилена при $T=293 \text{ К}$, $L=0,01 \text{ м}$ и давлениях: 1 – 0,1 МПа; 2 – 0,3 МПа; 3 – 0,6 МПа; 4 – 0,7 МПа; 5 – 0,8 МПа; 6 – 0,9 МПа ($\omega=1828 \text{ см}^{-1}$)

Рассчитаны массовые спектральные коэффициенты поглощения пропилена

$$\chi = -\ln D / \rho L, \quad (2)$$

где ρ – плотность.

Массовые спектральные коэффициенты поглощения при давлении выше 0,5 МПа образуют единую зависимость для всех давлений при $T=const$ (рис. 6). Это значительно облегчает использование спектра пропускания вещества в расчетной практике.

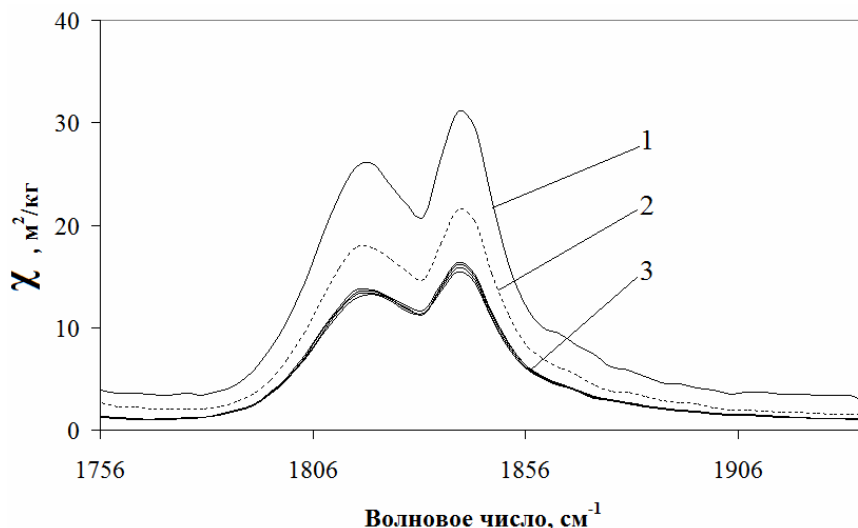


Рис. 6. Массовый спектральный коэффициент поглощения пропилена при $T=293$ К, $L=0,01$ м и давлениях: 1 – 0,1 МПа; 2 – 0,3 МПа; 3 – давления те же, что и на рис. 5. ($\omega=1828$ см⁻¹)

Можно выделить две характерные причины зависимости спектральных характеристик от давления.

Первая связана с уширением спектральных линий. Оно наблюдается как для идеально-газового состояния, так и при отклонении от него. Ширина спектральной линии пропорциональна давлению. Поскольку линии группируются в полосы, то при определенных давлениях они начинают перекрываться. В случае полного перекрытия линий давление не влияет на спектральные коэффициенты поглощения идеального газа.

Второй аспект влияния давления на радиационные свойства газов связан с отклонением их поведения от идеально-газового. В этих условиях все теплофизические свойства меняют характер зависимости от температуры и давления. Это отклонение поведения пропилена (давление выше 0,5 МПа) учитывается плотностью газа, при данных условиях.

Характер скачкообразного перехода газ-жидкость спектральных коэффициентов поглощения приводятся в работе [3].

Существенно сокращается цифровая информация по обобщенным спектральным и массовым коэффициентам поглощения, если провести аппроксимацию спектров пропускания кусочно-полиномиальными функциями.

Литература

1. Низамов А.М. Радиационные характеристики этана и пропана.- Дисс. канд. техн. наук. Казань, 1991.- 169 с.
2. Косенков Д.В. Установка для измерения ИК-спектров пропускания газообразных веществ при повышенных давлениях и температурах / Д.В. Косенков, П.А. Бударин, К.Б. Панфилович // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. 2011; № 22. С.36-40.
3. Бахшиев Н. Г. Спектроскопия межмолекулярных взаимодействий./Н. Г. Бахшиев – Л., 1972.– 137 с.