

Сверхкритический переход жидкость-флюид в быстрых процессах

Рютин С.Б.¹, Мелких А.В.¹ и Скрипов П.В.^{1,@}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики Уральского отделения Российской академии наук, ул. Амундсена, 107а, Екатеринбург, Свердловская область, 620110, Россия

@ pavel-skripov@bk.ru

Теплофизические свойства (ТФС) вещества претерпевают существенные изменения вблизи критической точки (КТ) жидкость-пар. Это обстоятельство делает сверхкритические флюиды (СКФ) актуальным объектом исследования. Одним из практически важных направлений является разработка теплоносителей, в частности, для т. н. Supercritical Fluid Concept Reactors. Действительно, перспективы применения СКФ обоснованы, поскольку кризис кипения невозможен при СК-давлениях. Более того, ТФС жидкостей демонстрируют экстремальный тип поведения непосредственно в окрестности КТ [1–4]. С другой стороны, режим ухудшенной теплоотдачи [4], проявляющийся начиная с определенного значения плотности теплового потока, делает эти перспективы менее очевидными. Он продолжает оставаться препятствием для использования СКФ в процессах, допускающих возможность мощного локального тепловыделения, в том числе, для осуществления идеи применения СК-воды в ядерной энергетике. Именно такие процессы и являются объектом нашего внимания. В силу специфики методик, используемых для измерения свойств СКФ в окрестности критической точки, наибольшую трудность, с которой столкнулись исследователи, представляет определение теплопроводности [3,4]. Действительно, не решены окончательно вопросы контроля неподвижности среды в измерительном объеме, точности поддержания стационарного температурного поля в нем, а также согласования условий опыта с идеализированной моделью, позволяющей пересчитать первичные данные в значения теплопроводности. В наиболее полном виде они учтены, на

наш взгляд, в работах [1], см. также [5]. На примере двуокиси углерода авторы [1, 5] экспериментально выявили факт критического увеличения теплопроводности. Открытым оставался вопрос о степени общности этого явления при повышении масштаба отклонения параметров процесса от идеализированной модели. По-видимому, он впервые был поставлен в [6] на основе анализа результатов опытов по мощному локальному тепловыделению в сжатой до СК-давления жидкости. Отметим, что эти результаты были получены непосредственно из первичных данных в существенно нестационарных и, следовательно, неидеализированных условиях [7] миллисекундного нагрева слоя неподвижной жидкости микронной (в обоих случаях, по порядку величины) толщины на поверхности тонкого проволочного зонда [4, 8]. Они показали, что при быстром переходе сжатой жидкости в СКФ вдоль изобары, где СК-давление служило параметром опыта, тепловое сопротивление СКФ порогово повышалось. В итоге, сложилась парадоксальная ситуация, когда понятие пиков ТФС, известных по стационарным измерениям [?, 1, 2, 4], мирно сосуществует с результатами импульсных опытов, проведенных в условиях мощного выделения теплоты, свидетельствующих о "провале теплоотдачи сопровождающем пересечение критической/псевдокритической области температур. Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект No. 23-69-10006).

- [1] Michels A, Sengers J V and van der Gulik P S 1962 *Physica* **28** 1216–1237
- [2] Wagner W and Pruß A 2002 *Journal of Physical and Chemical Reference Data* **31** 387–535
- [3] Abdulagatov I M and Skripov P V 2020 *Russian Journal of Physical Chemistry B* **14** 1178–1216
- [4] Abdulagatov I M and Skripov P V 2021 *Russian Journal of Physical Chemistry B* **15** 1171–1188
- [5] Sengers J V 2020 *International Journal of Thermophysics* **41** 117
- [6] Рютин С Б and Скрипов П В 2013 *Сверхкритические флюиды: теория и практика* **8** 87–97
- [7] Иванов Д Ю 2003 *Критическое поведение неидеализированных систем* (Москва: Физматлит)
- [8] Skripov P V, Rutin S B and Chen L 2025 *Journal of Supercritical Fluids* **218** 106516