

РАСПЫЛЕНИЕ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ ИСТЕЧЕНИИ ЧЕРЕЗ КОРОТКИЙ ЩЕЛЕВОЙ КАНАЛ

Бусов К.А., Решетников А.В., Мажейко Н.А.

Институт теплофизики УрО РАН,
620016, Россия, Екатеринбург, ул. Амундсена, 107а

Истечение двухфазных сред исследуется в связи с процессами, происходящими в различных энергетических, криогенных и химических аппаратах. Актуальность таких исследований связана с решением проблем безопасности энергетического оборудования при аварийной разгерметизации контура теплоносителя. Использование предельных и критических тепловых нагрузок в современном энергетическом оборудовании приводит к тому, что при разгерметизации сосуда высокого давления жидкие теплоносители оказываются в неравновесном или метастабильном состоянии с пониженной устойчивостью. В сильно перегретой метастабильной жидкости фазовое превращение может происходить по механизму взрывного вскипания [1].

Истечение горячей жидкости из сосудов высокого давления через короткие каналы сопровождается глубоким внедрением жидкости в область метастабильных фазовых состояний (перегретая жидкость). При высоких и предельных степенях перегрева в потоке истекающей жидкости реализуется взрывное вскипание [1], которое нашло широкое применение в технике.

Проведено экспериментальное исследование динамических характеристик струй перегретых жидкостей при истечении через короткий щелевой канал из камеры высокого давления. Рабочая камера представляла собой маятник в поле силы тяжести. Каналы были изготовлены электроискровым методом и имели прямоугольное сечение $4 \times 0.2 \text{ мм}^2$. Один из каналов крепился к рабочей камере с помощью диффузорного прижимного фланца, который задавал геометрические условия за выходным срезом канала. Другой был приварен к свободному концу патрубка длиной 10мм и диаметром 10мм. Таким образом исключалось какое-либо влияние внешних геометрических условий на струю – свободная струя. В качестве рабочих жидкостей использовались вода, этанол и водные растворы этанола. Диапазон начальных температур в камере составлял 400 - 600К при изменении давления до 15МПа.

Опыты показали, что расширение струи шло значительно быстрее в направлении меньшей стороны канала, чем в направлении большей стороны. В направлении большей стороны канала с ростом начальной температуры жидкости угол расширения практически не изменялся и был равен $\alpha \sim 20^\circ$. В направлении меньшей стороны в зависимости от степени перегрева наблюдались различные характерные формы струи перегретой воды.

Особенности в истечении перегретых жидкостей возрастали при использовании прилегающих плоскостей в сечении выходного среза щелевого канала. Установление плоскости приводило к “прилипанию” струи к этой плоскости (эффект Коанда). Струя, “захваченная плоскостью, распространялась в радиальном направлении до ее границ. При этом с ростом

температуры осевая составляющая струи существенно сокращалась – полное раскрытие струи.

Изучив влияние смежных плоскостей на эволюцию формы перегретой струи, для сравнения были проведены опыты с цилиндрическими поверхностями (трубками) различной длины. Исследования показали, что применение трубок приводит к изменению формы потока – плоская струя становится цилиндрической. Данное изменение наиболее существенно проявлялось с увеличением длины трубки.

Результаты экспериментального изучения реактивной силы воды, полученные с диффузорным прижимным фланцем показали, что экспериментальные данные совпадали с гидравлическим приближением с повышением температуры как вдоль линии насыщения, так и вдоль линий с постоянным начальным давлением вплоть до 470 К. При дальнейшем росте температуры экспериментальные данные превосходят значения реактивной отдачи струи, рассчитанной в гидравлическом приближении, примерно на 30%. При истечении из щелевого канала на свободном конце патрубка значения реактивной отдачи совпадали с гидравлическим приближением.

Полученные результаты реактивной отдачи струи при использовании прилегающей плоскости за каналом показали, что в условиях полного раскрытия потока наблюдается резкое уменьшение величины отдачи в несколько раз – кризис реактивной силы струи.

Исследование флуктуационных процессов в плоской струе вскипающих жидкостей показало присутствие низкочастотных пульсаций со спектром мощности, обратно пропорциональным частоте ($1/f$ – спектром). Согласно модели авторов [2], такие пульсации могут служить инструментом для поиска переходных режимов кипения и переходов в поведении струи. Так, в проведенных опытах, были установлены характерные температурные интервалы, в которых происходит переход от одного режима кипения к другому. Также $1/f$ спектры наблюдались при переходе к полному раскрытию струи и обратно.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показывают, что интегральные характеристики струи вскипающей жидкости в значительной степени зависят как от внутренней геометрии (цилиндр, прямоугольный параллелепипед) короткого насадка, так и от внешних конструкций, установленных за его выходным срезом.

Список литературы:

1. Скрипов, В.П. Метастабильная жидкость. М.: Наука, 1972, 312 с.
2. Коверда В.П., Скоков В.Н., Скрипов В.П. $1/f$ – шум в критическом неравновесном фазовом переходе // Письма в ЖЭТФ. 1996. Т.63. № 9. С. 739-742.