

УДК 537.6

## ПЕРЕГРЕГРТАЯ ЖИДКОСТЬ

Сушнёв А.А.

Научный руководитель – Блинков Н.Г., к.пед.н., доцент

Температура закипания обычной воды при нормальном атмосферном давлении составляет 100 С. При повышении атмосферного давления температура кипения воды увеличивается, а при понижении – уменьшается. Однако, при определенных условиях, температура кипения воды может быть как выше, так и ниже +100°С (при нормальном атмосферном давлении). Для достижения описанных эффектов необходимо разобраться в механизме кипения воды и любых других жидкостей.

Рассмотрим механизм закипания воды в открытом сосуде. Источник тепла передаёт тепловую энергию через стенки сосуда в близлежащие слои жидкости. Поскольку в воде содержится растворённый в ней воздух, который при нагревании начинает расширяться, мы можем наблюдать множество мелких пузырьков воздуха на стенках сосуда. При дальнейшем нагревании размеры этих пузырьков увеличиваются и под действием силы Архимеда они отрываются от стенок и дна сосуда, и поднимаются вверх. Температура окружающей воды слишком мала для того чтобы жидкость начинала превращаться в пар, поэтому внутри этих пузырьков пар конденсируется и превращается в жидкость. Учитывая, что в процессе нагревания плотность воды снижается, можно наблюдать интенсивное перемешивание жидкости внутри сосуда: от более горячих мест на стенках и дне сосуда более нагретая жидкость интенсивно поднимается вверх, отдаёт своё тепло менее нагретым слоям, которые опускаются вниз. Данный процесс происходит до тех пор, пока часть, либо, весь объем жидкости не прогреется до температуры кипения. В этот момент давление пара и воздуха внутри пузырей сравнивается с давлением воды. Такие пузырьки интенсивно поднимаются к поверхности жидкости, выпуская пар в атмосферу – это и есть кипение. Дальнейшее нагревание жидкости не приводит к увеличению её температуры в силу наступления термодинамического равновесия: сколько тепла затрачивается на нагрев жидкости, столько же и отводится паром в окружающую среду.

Перегреть воду до температуры 180°С при нормальном атмосферном давлении удалось Максвеллу, при этом вода оставалась жидкой и не кипела. Это было достигнуто путём удаления растворённого в воде воздуха и равномерного нагрева сосуда.

Очень часто перегретую воду, температурой порядка 105, 110°С можно получить в обычной СВЧ печи. Вода достигает такой температуры по

нескольким причинам: из-за равномерного объёмного нагрева; из-за отсутствия турбулентного перемешивания слоев жидкости. С перегретой жидкостью нужно быть очень осторожным т.к. малейшая турбулентность, вызванная резким перемещением сосуда, либо посторонний предмет, опущенный в эту жидкость, как центр парообразования, могут привести к её мгновенному взрывообразному вскипанию.

Обычную воду при некоторых усилиях можно нагреть до  $+130\text{ C}$  и она не вскипит. Для получения больших температур уже необходимо применение особого оборудования, но предел наступает при  $+374,1\text{ C}$  – перегретая вода при такой температуре может существовать доли секунды,

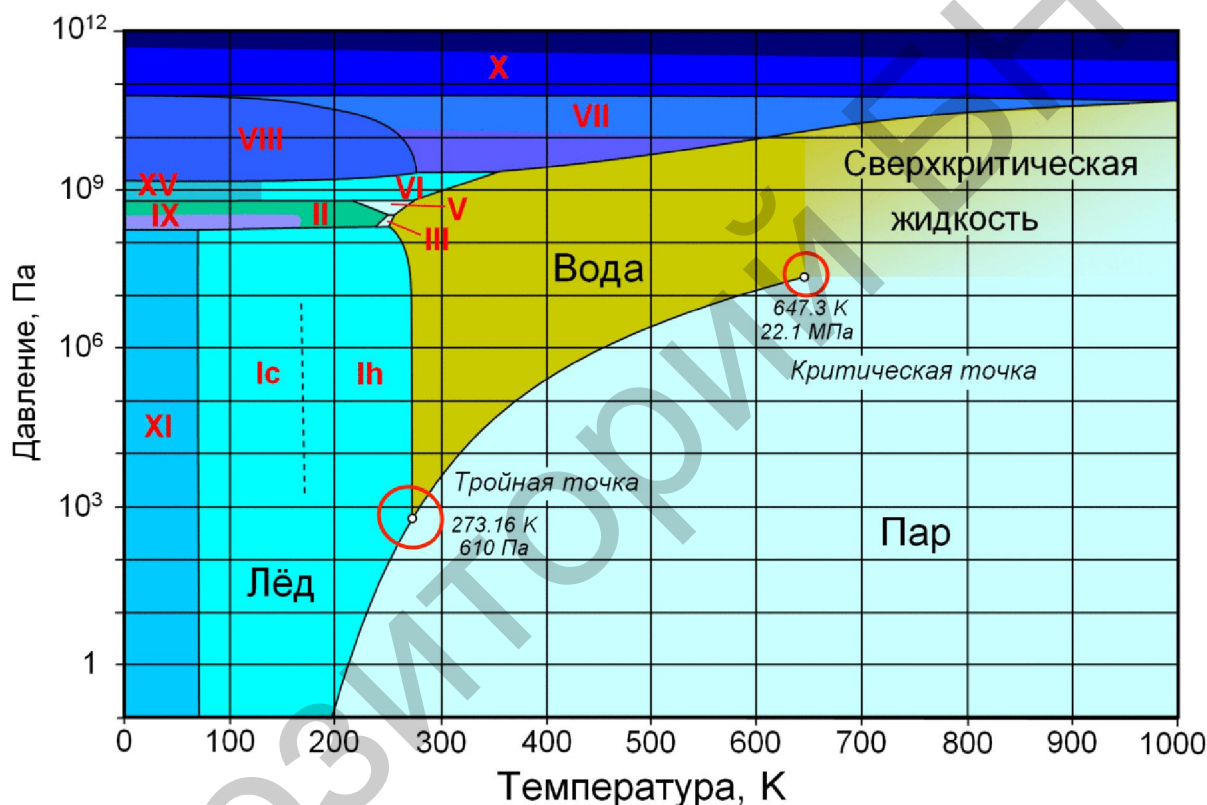


Рисунок 1. Фазовая диаграмма воды

Отмечены критическая и тройная точки воды соответственно.

(647,3 К; 22,1 МПа) (273,16 К; 610 Па)

после чего происходит взрывоподобное вскипание.

Факт возможного перегрева жидкости объясняет фазовая диаграмма воды, представленная на рисунке 1.

Как видно из диаграммы в области давлений от 0 до  $10^{12}$  Па и температур от 0 до 1000 К вода, как жидкость, существует в довольно узком диапазоне. При нормальном атмосферном давлении ( $10^5$  Па) видно, что температура закипания воды, то есть превращения её в пар, составляет 373 К или  $100^\circ\text{C}$ . Интерес представляет тройная точка воды, в которой её

агрегатное состояние не определено, она может быть жидкой твёрдой и газообразной.

Для отопления зданий в качестве теплоносителей («рабочего тела», «агента») обычно используются: вода, водяной пар, горячий воздух, дымовые газы и реже – термоустойчивые жидкие органические и неорганические соединения (антифризы, тосолы, хладоны и др.).

Наибольшее применение в качестве теплоносителя в системах отопления получила вода, которая обладает следующими теплофизическими характеристиками: теплоемкостью  $c_w = 4,2$  кДж/кг·°С; массовой плотностью  $\rho_w = 1000$  кг/м<sup>3</sup> при температуре +4°С. С повышением температуры воды до 90°С массовая плотность снижается до  $\rho_w = 965$  кг/м<sup>3</sup>. При атмосферном давлении  $P_w = 1$  бар = 1 атм вода кипит при температуре 100°С. Для получения перегретой воды с температурой  $T_{w1} = 130$ °С в трубопроводах должно поддерживаться давление не менее  $P_w = 2,75$  атм.

Однако при прохождении через регулирующую арматуру или автоматические клапаны перегретой воды с  $T_{w1} = 130$ °С (подача от центрального источника теплоснабжения) давление в трубопроводе понизится, часть воды вскипит и в трубопроводе образуется водяной пар. Это может привести к разрыву струи воды в трубопроводе (образованию паровой пробки) и при включении циркуляции – возникновению гидравлических ударов, которые могут разрушить трубопроводы, арматуру и нагревательные приборы в зданиях. Поэтому перегретая вода должна транспортироваться при давлениях в трубопроводах выше давления парообразования при температуре транспортируемой воды. Во избежание аварий это важное правило необходимо всегда помнить и соблюдать в эксплуатационной практике.

Высокая теплоемкость, массовая плотность и хорошие гигиенические качества воды (при достаточном количестве) делают ее наиболее предпочтительным теплоносителем (рабочим телом) в системах отопления.

Недостатком воды является возможность замерзания ее в трубопроводах, и оборудовании при понижении температуры ниже 0°С, что почти во всех случаях приводит их к разрыву и разрушению, а также необходимость поддерживать высокое гидростатическое давление в системах теплоснабжения

### Литература

1. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., Уздин В.М. Физика для углубленного изучения 3. Строение и свойства вещества — М.: Физматлит, 2004. — С. 213.