

УДК 536.42 (088.8)

П.Л. Шиян, П.С.Цыганков, Ю.В.Булий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ НА  
ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ЖИДКОСТЬ - НАСЫЩЕННЫЙ ПАР

В ряде расчетных формул для определения коэффициента теплоотдачи  
необходимы данные о коэффициенте поверхностного натяжений  $\sigma$ .

Известно [1], что этот коэффициент зависит не только от природы жидкости и ее температуры, но и от свойств среды, находящейся над свободной поверхностью. Анализ существующих приборов и методов определения коэффициентов поверхностного натяжения [2; 3] показал, что все они предусматривают определение его значения на границе раздела жидкость - воздух.

Для практических целей представляют интерес значения коэффициентов поверхностного натяжения при различных давлениях и температурах на границе раздела жидкость - насыщенный пар.

Авторами были предложены и апробированы соответствующие приборы.

Схема прибора для определения значений  $\sigma_{ж-п}$  методом капиллярного поднятия жидкости, показана на рис. Сущность этого метода заключается в том, что давление в жидкости под плоской поверхностью и мениском различно и отличается на величину капиллярного поднятия, прямо пропорциональную поверхностному натяжению.

Измерительная ячейка 1 прибора закрепляется в строго вертикальном положении и заполняется исследуемой жидкостью из напорной емкости 2, с помощью вакуум-насоса 3 в ячейке поддерживается необходимое разрежение и соответствующая ему температура кипения. Измерительная ячейка обогревается нагревательным элементом 4. Благодаря перепускным окнам 5 в ячейке устанавливается одинаковое давление. Образующийся при неустановившемся тепловом режиме конденсат сливается в ячейку через отверстие 6. При установившемся режиме

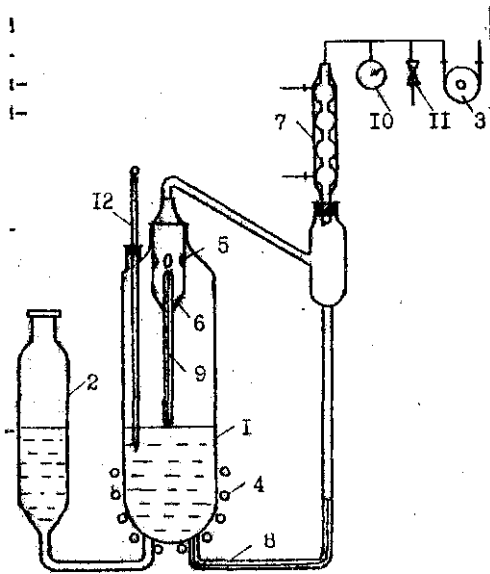


Рис. 1. Схема прибора для определения значений  $\sigma_{ж-п}$  методом капиллярного поднятия жидкости! 1 - измерительная ячейка? 2 - напорная емкость; 3 - вакуум-насос; 4 - нагревательный элемент; 5 - перепускные окна; 6 - сливное отверстие; 7 - шариковый конденсатор; 8 - переливная трубка; 9 - градуированный капилляр; 10 - манометр; 11 - кран регулировки разрежения; 12 - термометр

выходящий из ячейки насыщенный пар конденсируется в обратном холодильнике 7 и по трубке 8, заканчивающейся капилляром с диаметром 0,8...1,0 мм, возвращается в ячейку. Гидравлическое сопротивление капилляра препятствует появлению гидравлических толчков при кипении и колебанию уровня жидкости в ячейке.

Перед проведением замеров перемещают емкость 2 несколько раз по вертикали для смачивания внутреннего отверстия капилляра 9, после чего ее устанавливают в фиксированное положение, при котором жидкость едва касается кончика капилляра, и измеряют уровень поднятия исследуемой жидкости в капилляре У. Строго говоря \* пар, находящийся над жидкостью в капилляре, не является полностью насыщенным, но близок к этому состоянию. Коэффициент поверхностного натяжения на границе раздела жидкость - насыщенный пар, Н/м, определяется уравнением

$$\sigma_{ж-п} = \rho * g * h * r / 2, \quad (1)$$

где  $\rho$  - плотность исследуемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  - ускорение силы тяжести, = 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $h$  - высота поднятия жидкости в капилляре, м;  $r$  - радиус мениска, м.

При использовании капилляров радиусом менее 0,6 мм с достаточной для расчета точностью принимают, что радиус мениска равен радиусу капилляра [3].

В последнее время получил распространение метод определения коэффициентов поверхностного натяжения по максимальному давлению в пузырьке, основанный на измерении давления, при котором происходит отрыв пузырька воздуха, выдуваемого в жидкость через капилляр.

Схема прибора для определения коэффициентов поверхностного натяжения жидкости на границе раздела с насыщенным паром по максимальному давлению пузырька пара изображена на рис. 2.

Исследуемая жидкость заливается одновременно в измерительную ячейку 1 и в ячейку-генератор 2, которые равномерно обогреваются нагревательными элементами 3. С помощью вакуум-насоса 4 устанавливается необходимое разрежение и соответствующая ему температура кипения. Образующиеся при кипении пары конденсируются в обратном холодильнике 5 и возвращаются в ячейку. С помощью винтового зажима 6 добиваются передавливания некоторого количества насыщенного пара из ячейки-генератора через каплеотделитель 7 в измерительную ячейку по капилляру 8. Скорость выхода пузырьков пара из капилляра уем навливается экспериментально и для получения достоверных результатов) должна быть незначительной.

Максимальное давление насыщенного пара в пузырьке, Н/м, определяют с помощью микроманометра 9 по формуле

$$\sigma_{ж-п} = \frac{g d (\rho_m H \sin \alpha + \rho_n H_1)}{4} \quad (2)$$

где  $d$  - диаметр капилляра, м;  
 $\rho$  ~ плотность соответственно манометрической и исследуемой жидкости, нг/м<sup>3</sup>;  $H$  - максимальное поднятие уровня

жидкости в наклонной трубке микроманометра, м;  $H_1$  - максимальное погружение пузырька в исследуемую жидкость при его отрыве,  $\alpha$  - угол наклона манометрической трубки в

горизонтали  $0 = 9,81 \text{ м/с}^2$   
 Так как знойчение мало, для практических расчетов им пренебрегают. Тогда для случая вертикального расположения манометрической трубки микроманометра 9 уравнений (2) принимает вид:

$$\sigma_{ж-п} = g d \rho_m H / 4$$

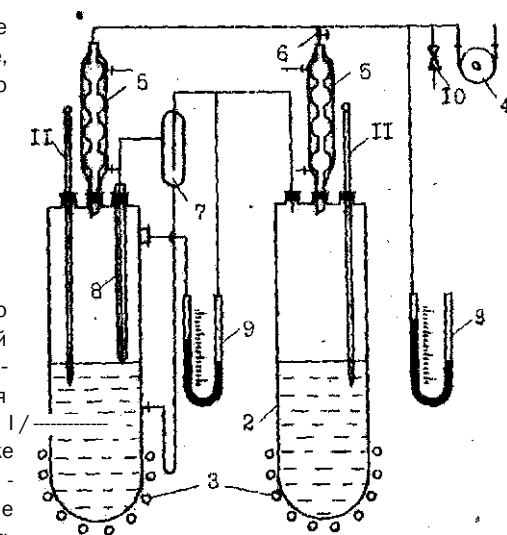


Рис. 2. Схема прибора для определения значений  $\sigma_{ж-п}$  по максимальному давлению пузырька пара: 1 - измерительная ячейка; 2 - ячейка-генератор; 3 - нагревательный элемент; 4 - вакуум-насос; 5 - шариковые конденсаторы; 6 - винтовой зажим; 7 - капле-Отделитель; 8'- капилляр; 9 - микроманометр; 10 - кран регулировки разрежения; 11 - термометр

С помощью предложенных установок можно также определить физико-химическую температурную депрессию - разность между температурами кипения жидкости и насыщенного пара над ней, значение которой необходимо при расчетах и проектировании выпарных установок.

ли определены значения <sup>от</sup> ОЖ-П. Для проверки работоспособности предложенных установок нами бы

**Таблица**

Значения коэффициентов &-э-п мандаринового сока

107

п/п	Концентрация сока, СВ %	Капиллярный метод					Метод максимального давления-пузырька -						
		* Средние значения б1», Е/м, при температуре кипения, °С				Х	* Средние значения Н/м, При температура кипения, °С				а		
		30	50	70	90-		30	50	70	90			
1	9,3	66,9	63,6	58,7	56,3	61,93	96,33	67,2	65,Д	58,4	57,1	73,Ш	73,60
2	24,7	66,9	61,0	56,6	54,5	59,75	90,16	67,8	59,2	58-Д	53,1	59,5	111,88
3	37,2	64,6	58,7	54,8	53,0	57,76	79,09	62,5	59,7	55,1	53,5	57,Т0	51,44
4	58,9	62,0	53,8	49,6	47,5	53,23	123,25	64,0	51,9	49,-1	47,9	53,23.	163,23

Матрица эксперимента была подвергнута статистической обработке с помощью t-критерия Стьюдента.

$$T = (\sum x - \sum y) * \sqrt{n/S};$$

Где  $\bar{X}$  - среднее значение  $\sigma_{Ж-П}$

$\bar{y}$  - среднее значение  $\sigma_{Ж-П}$

полученное методом

максимально- го давления пузырька

пара;  $\sigma_{\bar{S}}$  - средне

квадратичное отклонение.

Расчетное значение Т-критерий' Стьюдента меньше его табличного значения [5]  $T_{рас}=1,93 < T_{табл} = 2,12$ , если вероятность '  $P \ll 0,93$ . Это дает основание для заключения о принадлежности результатов, полученных различными по физической сущности и аппаратурному оформлению способами, к одной и Той же генеральной совокупности. Таким образом» достоверность гипотезы о том, что полученные с помощью описанных методов результаты объективны, достаточно высока.

#### СПЖОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Элементарный учебник физики / Под ред. Г.С.Ландсберга. - М.: Наука, 1973. - Т. 1. - 551 с.
2. Лабораторные работа и задачи по коллоидной химий /Под ред. В.Г.Фролова, А.С.Гродского. - М.: Химия, 1986. - 216 с.
3. Практикум по коллоидной химии / Под ред. И.С .Лаврова. - М.: Высш. шк., 1983. - 216 С, ■
- 4 Доерфель К; Статистика в аналитической химии. - М.: Мир, 1969. -247 с.

#### АННОТАЦИЯ

Авторами предложены и апробированы приборы и методы определения значения коэффициентов поверхностного натяжения при различных давлениях и температурах на границе раздела жидкость - насыщенный пар. Метод основанный на определении величины капиллярного поднятия жидкости, прямо пропорциональной поверхностному натяжению.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, насыщенный пар, разрежение, температурная депрессия, капилляр.

П.Л.Шиян, П.С.Цыганков, Ю.В.Булий

Визначення коефіцієнтів поверхневого натягу на межі поділу  
рідина-насичена пара

Авторами запропоновані та випробувані прилади і методи визначення значень коефіцієнтів поверхневого натягу при різних тисках і температурах на межі поділу рідина-насичена пара. Метод ґрунтується на визначенні капілярного підняття рідини, прямо пропорційного поверхневому натягу.

Ключові слова: поверхневий натяг, насичена пара, розрідження, температурна депресія, капіляр.

P.L.Shiyan, P.S.Tsigankov, Y.V.Buliy

DETERMINATION of COEFFICIENTS of SURFACE-TENSION ON BORDER of SECTION  
LIQUID is the SATURATED STEAM

Offered authors and approved devices and methods of determination of value of coefficient of surface-tension at different pressures and temperatures on the border of section a liquid is nasycenn'y steam. A method is based on determination of size of the capillary raising of liquid, straight proportional a surface-tension.

Keywords: surface-tension, saturated steam, rarefaction, temperature depression, capillary.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Булий Ю.В. Определение коэффициентов поверхностного натяжения на границе раздела жидкость-насыщенный пар [Текст] / П.Л.Шиян, П.С.Цыганков, Ю.В.Булий // Тепло- и массообменные процессы в пищевой промышленности: Темат. сб. научн. тр. / Под ред. д-ра техн. наук П.С.Цыганкова.-К: УМК ВО, 1990.-220 с. (с. 104-109).