

10. Мельникова Т.В. Применение минеральных вод в комплексном санаторно-курортном лечении женщин с воспалительными заболеваниями органов малого таза. – Сочи, 2002 г.

11. Моренов Н.Н., Ваганов И.В., Милейко В.Е. Реабилитация гастроэнтерологических больных с применением нарзана «Чвижепсе». – Сочи, 2003 г.

12. Методические рекомендации по основным показаниям и применению лечебно-столовых минеральных вод Лужанская-1, Лужанская-2. – Ужгород, 1985, с. 4.

13. Малумян И.В., Чикатуа Э.Г., Чикатуа М.Э., Гамазенко Е.А. Применение сочинской минеральной воды «Лазаревская» в комплексном лечении детей с аллергодерматозами.

14. Питьевые минеральные воды / Матер. 3-й межинститутской конференции по внутреннему применению минеральных вод. – Пятигорск, 1969, с. 221.

15. Романов Н.Е., Клищенко Л.Е., Иосифова Е.В., Вознесенский А.Н. Курортное лечение больных с хроническими заболеваниями печени и желчевыводящих путей углекислой мышьяковистой минеральной водой источника «Чвижепсе». – Сочи, 1979, с. 13.

16. Туманова А.Л., Еременко А.Н. Микроэлементозы и их влияния на возникновение, и клинику диабетических, атеросклеротических и сосудистых нейропатий. – Краснодар, 2002 г.

Работа представлена на общероссийскую научную конференцию с международным участием «Современные проблемы санаторно-курортных и рекреационных регионов России», 16-18 апреля 2006г., г.Сочи. Поступила в редакцию 30.08.2006г.

### Успехи современного естествознания Физико-математические науки

#### Расчет времени испарения дисперсных частиц

Дохов М.П.

Кабардино-Балкарская государственная  
сельскохозяйственная академия

Проведен термодинамический расчет времени испарения высокодисперсных капель жидкости.

В самом начале процесса конденсации капли имеют очень малые размеры. А это значит, что упругость паров над ними много больше нормальной. Поэтому капельки испаряются еще до того, как они достигнут достаточного для выпадения, например, дождя размера. Рост образовавшихся капель возможен только в том случае, если парциальное давление паров воды в воздухе больше не только упругости насыщенного пара при той же температуре, но и упругости паров над поверхностью капли малого размера. В противном случае для роста капель необходимо, чтобы они с самого начала имели достаточно большие размеры.

Этим объясняется тот факт, что находящиеся в атмосфере маленькие пылинки существенно облегчают конденсацию паров и образование достаточно крупных капель, выпадающих затем в виде дождя.

Центрами конденсации могут служить, как показывает опыт, не только пылинки, но и электрически заряженные частицы, в частности ионизированные атомы, присутствующие в газе.

Зная время испарения капель различных размеров можно управлять этим процессом.

Рассмотрим капельку воды с радиусом  $r = 10^{-9}$  м. Пусть эта капелька взвешена в воздухе при температуре 200 С. Плотность насыщенного водяного пара при этой температуре

$$r = 1,7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad \text{поверхностное натяжение}$$

$$s = 72,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}.$$

Как известно, давление пара над малой каплей описывается формулой Томсона

$$p = p_{\infty} \exp \frac{Mu_m \cdot 2s}{RT r} \quad (1)$$

где  $p_{\infty}$  - давление паров над плоской поверхностью,

$v_m$  - удельный объем жидкости, М- молярная масса жидкости,

$\sigma$  - поверхностное натяжение, R - газовая постоянная,

T- термодинамическая температура, r- радиус капли.

Величина, стоящая в степени выражения (1) много меньше единицы. Это позволяет разложить (1) ряд.

Ограничиваясь линейными членами разложения, формулу (1) можно представить в виде

$$\frac{p - p_{\infty}}{p_{\infty}} = \frac{Mu_m \cdot 2s}{RT r} \quad (2)$$

Будем считать, что скорости молекул в паре имеют распределение Максвелла, и поэтому воспользовавшись формулой для частоты ударов молекул о стенку сосуда, приходящаяся на единицу площади можно записать

$$n = n_0 \left( \frac{RT}{2pM} \right)^{1/2} \quad (3)$$

где  $n_0$  - концентрация молекул в насыщенном паре.

Если умножить (2) на площадь поверхности капли и на частоту ударов  $v$ , найдем число молекул испаряющихся с поверхности капли в одну секунду. Умножив еще на время  $t$ , получим

общее число молекул, испаряющихся за время  $t$  с поверхности капли

$$N = \frac{S(p - p_\infty)}{p_\infty} = \frac{M2s}{r_{жс}RT} 4pr^2 n_0 \left( \frac{RT}{2pM} \right)^{1/2} t. \quad (4)$$

Считая пар идеальным, имеем

$$RT = \frac{p_{нас}M}{r_n} \quad (5)$$

$$RT = \frac{n_0 KTM}{r_n} = \frac{n_0 RT}{r_n N_A} \quad (6)$$

или

Подставляя (6) в (4), получим

$$N = \frac{2sN_A r_n}{RT} 4pr \left( \frac{RT}{2pM} \right)^{1/2} t. \quad (7)$$

Упростив (7), окончательно, имеем

$$N = 4psrN_A \frac{r_n}{r_{жс}} \sqrt{\frac{2}{pMRT}} t. \quad (8)$$

С другой стороны, число молекул воды в капле можно найти, следующим образом

$$N = \frac{m}{M} N_A = \frac{r_{жс} \frac{4}{3} pr^3 N_A}{M}. \quad (9)$$

Подставляя (9) в (8) и разрешая последнее относительно времени  $t$ , получим

$$t = \frac{r_{жс}^2 r^2}{3Ms r_n \left( \frac{2}{pMRT} \right)^{1/2}} \quad (10)$$

Подстановка данных в формулу (10) дает для  $t = 1,25 \cdot 10^{-7} \text{с}$ .

Итак, капля испаряется, не успев стать зародышем роста. Следовательно, малые капли, как центры конденсации, неэффективны. Капля будет расти, если давление пара над её поверхностью меньше давления окружающего пересыщенного пара. Это будет иметь место для достаточно больших капель. Наличие пыли или других частиц в пересыщенном паре способствует конденсации. Дело в том, что капелька жидкости, образовавшаяся на пылинке, не будет иметь сферическую форму. Её форма определяется формой и размерами самой пылинки. Ввиду этого кривизна поверхности капли, даже при очень малых размерах последней, может быть невелика, такие капли являются эффективными центрами конденсации.

При размере капли  $r = 0,1 \text{мм}$  время испарения равно 20 мин, а капля размером  $1 \text{мм}$  испаряется за 35 часов и т.д.

Теперь представим, что капля жидкости лежит на поверхности твердого тела (например, на листьях растений или деревьев).

Тогда формула (9) принимает вид

$$N = \frac{r_{жс} N_A pr^3 (2 - 3\cos\Theta + \cos^3\Theta)}{3M} \quad (11)$$

Сравнивая (11) с формулой (8), после некоторых преобразований, получим для времени испарения жидкости

$$t = \frac{r_m^2 r^2 (2 - 3\cos q + \cos^3 q)}{12sr_n \sqrt{\frac{2M}{pRT}}} \quad (12)$$

Таким образом, возникает возможность управлять временем испарения капель жидкости, взвешенных в воздухе или лежащих на поверхности твердых тел.

#### Список литературы

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика; Учеб. пособие для вузов.-М; Наука, 1979.-552с.
2. Матвеев А.Н. Молекулярная физика: Учеб. Пособие для вузов. -М: Высшая школа, 1981. - 400с.
3. Кикоин А.К. Кикоин И.К. Молекулярная физика: Учеб. Пособие для вузов.-М. Наука, 1976. 480с.

УДК 665.75

#### Моделирование и исследование теплопереноса при ламинарном течении плоской затопленной свободной струи мазута при граничных условиях третьего рода

Камалов Р.Ф., Шамсутдинов Э.В.

Исследовательский центр проблем энергетики

Вследствие того, что на большинстве тепловых электрических станциях России мазут используется в качестве основного или резервного топлива, вопросы снижения расходов энергии на собственные нужды мазутных хозяйств ТЭС являются актуальными. Наиболее распространенным является циркуляционный метод подогрева, характеризующийся струйным истечением подогретого мазута в резервуар хранения.

В научной литературе моделированию струйных течений посвящено большое количество работ [1 – 5]. В основном используется модель невязкой сжимаемой жидкости (газа) [1 – 2] или рассматриваются струйные течения несжимаемой вязкой жидкости при условии турбулентности потока [3 – 4]. Исследованиям ламинарного потока несжимаемой вязкой жидкости посвящено небольшое количество работ [5].

В работе проведено численное исследование теплопереноса при распространении ламинарного потока плоской затопленной свободной струи мазута в пространстве, заполненном также мазутом.

При постановке задачи исследования нестационарных процессов теплопереноса приняты следующие допущения:

1. нестационарность процессов теплообмена обуславливается линейной зависимостью от времени температуры  $T$  на выходе из насадки;
2. теплофизические свойства мазута, такие как плотность  $\rho$ , теплоемкость  $c_p$  и теплопроводность  $\lambda$  меняются в ходе процесса незначительно;
3. кинематическая вязкость мазута  $\nu$  зависит от температуры  $T$ ;