



МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ И ПОЛУЧЕНИЯ КРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В КУРСЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

НАБИЕВ АБДУЛЛО АБДУВОХИДОВИЧ

*Ассистент кафедры «Физики, биофизики и медицинской физики»
Самаркандского государственного медицинского университета*

АННОТАЦИЯ: В условиях интеграции науки, образования и техники чтобы подготовить специалистов теплоэнергетического профиля, нужны сведения о теоретических и экспериментальных методах исследования, о способах обработки результатов, используемых в данной области науки. Необходимо подчеркнуть, что главное внимание следует уделить раскрытию теории, задачам, видам и формам и основам планирования эксперимента. В данной работе предлагается методика преподавания выше названной темы и получения критериев, а также зависимостей характеризующие тепломассообменные процессы в промышленных теплообменных аппаратах.

Ключевые слова образование, техника, дифференцирование и интегрирование, тепломассообмен, промышленная энергетика, станки, пленочная конденсация, газообразное состояние, критерии Нуссельта, критерий Пекле, критерий Стантон

В условиях интеграции науки, образования и техники чтобы подготовить специалистов теплоэнергетического профиля, нужны сведения о теоретических и экспериментальных методах исследования, о способах обработки результатов, используемых в данной области науки. Как показывает многолетний опыт преподавания специальных дисциплин



теплотехнического профиля и практика, решения многих научных и технических задач упрощается при применении теории размерности, подобия и моделирования. [1,2]. Необходимо подчеркнуть, что главное внимание следует уделить раскрытию теории, задачам, видам и формам и основам планирования эксперимента. Обработка результатов экспериментального исследования проводится на основе методов графической обработки экспериментальных данных, графического дифференцирования и интегрирования. Затем выполняются математические описания исследуемого процесса, подбираются эмпирические формулы, формулируются выводы и предложения.

В данной работе предлагается методика преподавания выше названной темы и получения критериев, а также зависимостей характеризующие тепломассообменные процессы в промышленных теплообменных аппаратах.

Учебно-воспитательной -задачей является объяснить физическую природу теплопроводности, конвективного тепломассообмена и научить студентов ставить эксперименты, измерять теплофизические параметры, производить расчеты в тепломассообменных аппаратах энергетических установок. Наибольший практический интерес представляет собой пленочная конденсация, преимущественно встречающееся в различного рода промышленных теплообменных аппаратах, где имеется вынужденное движение пара по шероховатым смачиваемым поверхностям охлаждения. Изучение процесса теплоотдачи при пленочной конденсации фактически сводится к изучению процесса теплообмена пленки жидкости с поверхностью стенки, т.е. теплообмена между твердым телом и однофазной средой. Однако особенность исследуемого процесса состоит в том, что сам процесс образования пленки обусловлен переходом среды из газообразного состояния в жидкое. Сущность теории пленочной конденсации пара заключается в следующем [3,4]. При соприкосновении пара со стенкой,



температура которой ниже температуры насыщения t_n , пар конденсируется, на поверхности стенки образуется пленка, и если режим движения её ламинарный, то тепло, освобожденное при конденсации пара, распространяется путем теплопроводности через толщу. При этом

$$q_x = \lambda \frac{t_n - t_{cm}}{\delta_x} \quad (1),$$

$$q_x = (t_n - t_{cn}) \quad (2),$$

откуда

$$\alpha_x = \frac{\lambda}{\delta_x} \quad (3)$$

Где α_x – коэффициент теплоотдачи при конденсации пара на поверхности охлаждаемой стенки в сечении X ; λ – коэффициент теплопроводности конденсата; δ_x – толщина пленки конденсата в сечении x .

Из первых трех уравнений получается известные нам критерии

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}, \quad (4)$$

$$Pe = \frac{\omega l}{a} = Re Pr, \quad (5)$$

$$Fr = \frac{gl}{\omega^2}, \quad (6)$$

$$Ga = Fr Re^2 = \frac{gl^3}{\nu^2}, \quad (7)$$

а из уравнения теплового баланса

$$rdM = cM_1 dt,$$

где $rdM = dQ$ – элементарное количество тепла, передаваемое от пара к жидкости при конденсации количество пара dM ; $dQ = cM_1 dt$ – элементарное количество тепла, получаемое массой жидкости M_1 и обуславливающее повышение её температуры на dt . Если обработать уравнение теплового баланса методами теории подобия, получим критерий Кутателадзе $K = r/c\Delta t$ – фазового перехода где r – теплота испарения; c – теплоемкость конденсата,





а $\Delta t = t_n - t_{cm}$. Поскольку при ламинарном режиме характер движения жидкости от скорости не зависит то критерий Re выпадает и критериальное уравнение для теплоотдачи при конденсации пара приобретает вид

$$Nu = f(Ga; Pr; K) = \varphi(Ko),$$

Где $Ko = Ga Pr K$ - называется критерием конденсации.

В результате обобщения экспериментальных данных, проведенных с различными жидкостями, получены следующие расчетные формулы для определения среднего коэффициента теплоотдачи при конденсации пара:

$$Nu = 0,42 Ko^{0,28} \left(\frac{Pr}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}; \quad (11)$$

Вертикальная стенка или труба высотой H ,

Определяющим размером в этих уравнениях для вертикальных стенок и труб принято их высота, а для горизонтальных труб – диаметр. Определяющей температурой принято температура насыщения t_n .

Критерии подобия можно видоизменять, рассматривая их совместно в целях приведения к виду, наиболее удобному для описания конкретных задач. Так, при исследовании движения, вызываемого различной плотностью отдельных частиц жидкости без перемещения всего её объёма внешним источником движения, скорость потока не может быть измерена. В этом случае удобнее их так скомпоновать, чтобы выделить новый критерий, в который входила бы разность плотностей отдельных частиц (слоев) жидкости, являющаяся причиной движения, а скорость потока была бы исключена. Для этого умножают Fr на Re^2 и на относительную разность плотностей потока $(\rho - \rho_0)/\rho_0$, где ρ и ρ_0 – плотности различных частиц (слоёв) жидкости:

$$Fr Re^2 \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} = \frac{gl}{\omega^2} \frac{\omega^2 l^2}{v^2} \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} = \frac{gl^3}{v^2} \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0}. \quad (13)$$

Полученный безразмерный комплекс $\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \frac{gl^3}{v^2} = Ar \quad (14)$

Называют критерием Архимеда.

Наконец, если разность плотностей различных слоёв жидкости определяется разностью их температур Δt , как это бывает при естественной конвекции, выражение $(p-p_0)/p_0$ можно в соответствии с уравнением $p=p_0[1-\beta(t-t_0)]$ заменить произведением $\beta\Delta t$, где β -коэффициент объёмного расширения жидкости; т.е. $(p-p_0)/p_0 = \beta\Delta t$. Подставляя это значение в (14) уравнение получим критерий Грасгофа:

$$Gr=g l^3 \beta\Delta t/v^2$$

(15) Критерий Gr характеризует соотношение сил инерции и тяжести подъёмной силы в условиях отсутствия вынужденного движения жидкости и наиболее удобен для описания свободного движения (естественной конвекции).

Известно, что комплекс $\omega l/a$ назван критерием Пекле:

$$\omega l/a=Pe \quad (16)$$

Если раскрыть значение коэффициента температуропроводности $a=\lambda/(c\rho)$ и умножить числитель и знаменатель выражения критерия Pe на разность температур Δt между некоторыми точками потока, то критерий можно представить в следующей форме :

$$Pe = \frac{\rho c \omega \Delta t}{\lambda \Delta t / l} \quad (17)$$

Откуда следует физический смысл критерий Пекле т.е. число Pe есть отношение плотности теплового потока передаваемого конвективным путем из одной точки пространства в другую к плотности теплового потока, передаваемого между этими же точками путем теплопроводности. Как известно конвективный перенос теплоты, характеристикой которого является критерий Pe , как раз и представляет собой совместное действие





двух указанных механизмов переноса теплоты. Критерий Pe целесообразно преобразовать в целях исключения из него скорости потока ω как величины, уже вошедшие в другие критерии подобия (например Re). Для этого разделим Pe на Re :

$$\frac{Pe}{Re} = \frac{\omega l / a}{\omega l / \nu} = \frac{\nu}{a} \quad (18)$$

Полученный безразмерный комплекс назван критерием Прандтля: $\nu/a=Pr$.(19)

Критерий Прандтля, содержащий только теплофизические параметры, характеризует влияние физических свойств жидкостей на конвективный теплообмен. Подставляя значение множителей подобного преобразования получим.

$$\alpha l / \lambda = \alpha l / \lambda = idem.$$

Этот безразмерный комплекс назван критерием Нуссельта:

$$\alpha l / \lambda = Nu.$$

Заметим, что критерий Nu включает в себя коэффициент теплоотдачи α , который при исследовании процессов конвективного теплообмена является обычно искомой величиной. Таким образом, при тепловом подобии двух или нескольких систем имеет место равенство критерий Pe (или Pr), Nu .

В некоторых задачах конвективного теплообмена используется комплексный критерий Стантона:

$$St = \frac{Nu}{Re Pr} = \frac{\alpha}{\rho c_p \omega} \quad (22)$$



Следует напомнить, что необходимым условием теплового подобия является также подобие гидродинамическое, т.е. при тепловом подобии равны также Re (или Gr), Eu . Таким образом, тепломассообмена широко распространены на практике, значение их закономерностей имеет первостепенное значение для тепловой и ядерной энергетики, промышленной теплоэнергетики, энергомашиностроения, авиации, космонавтики, ракетостроения и др.

Литература:

1. Лебедев А.Н. «Моделирование в научно-технических исследованиях.»- М.: Радио и связь, 1989г. 224 стр.
2. Кутателадзе С.С. «Анализ подобия и физические модели».- Новосибирск: Наука, 1986г.-290стр.
3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. «Тепломассообмен»: Учебное пособие для вузов.-М.: Издательство МЭИ, 2001г.-550стр.
4. Теплотехника: Под.ред.В.Н. Луканина.-М.: Высш. Школа, 2003г.-671стр.