

Алгоритм расчета должен включать условие критического течения, при котором расход стремится к критическому, $G \rightarrow G_{кр}$ и градиент давления по всему тракту канала имеет отрицательное значение, $\frac{dP}{dz} < 0$.

Метод решения. Численное интегрирование системы линейных дифференциальных уравнений осуществлялось методом Рунге-Кутты. Алгоритм расчета включает условие критического течения, при котором расход $G \rightarrow G_{кр}$ и градиент давления по всему тракту канала имеет отрицательное значение $\frac{dP}{dz} < 0$.

Метод решения - "пристрелка по расходу". Для этого при заданных начальных параметрах потока p_0 и T_0 задается максимально возможный расход $G_{max} = F_c [2\rho_c m_0]^{0.5}$ и минимально возможный расход $G_{min} = 0$.

Критический расход подбирается в интервале $G_{min} < G_{кр} < G_{max}$ до выполнения условия $\frac{dP}{dz} < 0$. При найденном значении критического расхода вычисляются параметры потока в тракте сопла. Для вычисления критического расхода требуется 10-16 приближений. Блок-схема, алгоритм решения и распечатка программы приведена в Приложении. Копия программного продукта на магнитном носителе прилагается к отчету.

Список использованной литературы:

1. Тукмаков А.Л., Мубаракшин Б.Р., Тонконог В.Г. Моделирование процесса одоризации природного газа. // Инженерно-физический журнал. - 2016. - Т. 89. - № 1. - С. 127-132.
2. Tukmakov A.L., Tonkonog V.G., Arslanova S.N. Effect of the coagulation rate on the settling time of stationary vibrations of aerosol in an acoustic resonator. // Physics of Wave Phenomena. - 2015. - Т. 23. - № 3. - С. 235-240.
3. Карелин Д.Л., Гуреев В.М., Мулюкин В.Л. Моделирование систем охлаждения с парожидкостной компрессионной установкой. // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. - 2015. - Т. 71. - № 5. - С. 5-10.
4. Литвиненко Р.С., Павлов П.П., Гуреев В.М., Мисбахов Р.Ш. Оценка технического уровня сложных систем на этапе разработки. Вестник машиностроения. - 2015. - № 6. - С. 35-39.
5. Лаптев А.Г., Башаров М.М., Исхаков А.Р. Эффективность сепарирующих контактных устройств в демистерах. // Газовая промышленность. - 2015. - № 11 (730). - С. 92-94.
6. Лаптева Е.А., Шагиева Г.К., Лаптев А.Г. Эффективность насадочных декарбонизаторов в водоподготовке ТЭС. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2015. - № 11-12. - С. 20-25.
7. Мисбахов Р.Ш., Мизонов В.Е. Моделирование кинетики застывания жидкой капли при охлаждении. // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. - 2015. - № 6 (76). - С. 72-74.

© Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З., 2016

УДК 621.432.3

Н.Е. Кувшинов

инженер научно-исслед. лаборатории «ФХПЭ»

М.М. Салимханов

магистр 2 курса гр. ТПЭМ-1-15

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Российская Федерация

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДВУХФАЗНОГО ПОТОКА

Аннотация

В данной статье проводились расчеты параметров двухфазного потока, образующегося в процессе адиабатного истечения капельной жидкости через сопла Лавалья.

Ключевые слова

Двухфазного потока, численного исследования, дисперсный поток, жидкость-пар, сопла Лавалья

Проводились расчеты параметров двухфазного потока, образующегося в процессе адиабатного истечения капельной жидкости (насыщенной или недогретой до состояния насыщения) через сопла Лавалья. Рассматривались только критические режимы истечения вскипающих жидкостей. Результаты численного исследования показали, что трение жидкой фазы о стенку канала в условиях данного эксперимента можно не учитывать. На результатах расчетов это практически не сказывается.

Для сравнения приведены результаты расчета критического расхода по равновесной модели. Значения равновесного расхода, как и следовало ожидать, меньше значений расхода по предлагаемой модели. Имеет место некоторое завышение расчетных значений критического расхода по сравнению с собственными экспериментальными данными.

В сужающейся части сопла реализуется слабоградиентное течение. В районе минимального сечения градиент давления резко возрастает, что связано с зарождением паровой фазы и интенсивными фазовыми превращениями. В расширяющейся части сопла градиент давления стабилизируется. С момента зарождения паровой фазы происходит резкое увеличение объемного паросодержания и при значении $F/F_T=3$ паросодержание достигает значений $\varphi=0,8$.

Скорость потока, монотонно возрастает по тракту сопла. Расчетные значения статического давления оказались систематически завышенными по сравнению с экспериментальными данными (опыты с H_2O). Это можно объяснить как недостатком одномерной модели расчета, так и методической погрешностью измерения статического давления в тракте сопла Лавалья. В опытах с плоскими соплами Лавалья обнаружен градиент давления в поперечном сечении канала. По мере удаления от осевой линии сопла к стенке, задающей профиль сопла, давление уменьшается (расхождение достигает 9%).

Границы применимости методики расчета. Основные ограничения разработанной методики расчета связаны с особенностями физической модели течения, в рамках которой строится расчетная схема. Методика пригодна для расчета параметров двухфазного потока, образующегося при адиабатном истечении вскипающих жидкостей через сопла Лавалья с протяженностью расширяющейся части сопла не менее трех калибров, $l > 3d_f$.

Поскольку используется одномерная модель течения, то не рекомендуется использовать предлагаемую методику для расчета параметров потока в соплах с углами раствора расширяющейся части более 0,2 рад.

Результаты обобщения по перегревам жидкостей, используемые в расчетах, получены для начальных параметров потока $\pi > 0,1$. Этой величиной и определяется нижний предел методики по начальным параметрам потока. Верхний предел ограничивается значениями приведенного давления $\pi < 0,9$.

Список использованной литературы:

1. Мисбахов Р.Ш. Влияние добавок водорода на технико-экономические и экологические показатели газовых и дизельных двигателей. // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. Казань, - 2010
2. Гуреев В.М., Мисбахов Р.Ш., Москаленко Н.И., Ермаков А.М. Исследование эффективности применения спиральных и полукольцевых выемок для интенсификации теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах. // Вестник машиностроения. - 2015. - № 11. - С. 22-24.
3. Сафин А.Р., Мисбахов Р.Ш., Гуреев В.М. Обоснование радиациональной модели тележки трамвая на основе параллельного моделирования в среде Matlab/Simulink и Cad, Cae – системе Catia V5. // Электроника и электрооборудование транспорта. - 2015. - № 5-6. - С. 28-32.
4. Копылов А.М., Ившин И.В., Сафин А.Р., Гибадуллин Р.Р., Мисбахов Р.Ш. Определение предельных эффективных конструктивных параметров и технических характеристик обратимой электрической машины возвратно-поступательного действия. // Энергетика Татарстана. 2015. № 4 (40). С. 75-81.

5. Тукмаков А.Л., Тонконог В.Г., Арсланова С.Н. Акустическая коагуляция аэрозоля в технологии газификации криогенных жидкостей. // В сборнике: Тепломассообмен и гидродинамика в закрученных потоках. Пятая международная конференция : Тезисы докладов. - 2015. - С. 96-98.
6. Баянов И.М., Тонконог В.Г., Гортышов Ю.Ф., Арсланова С.Н., Тонконог М.И., Мубаракшин Б.Р. Сепарация фаз при газификации сжиженного природного газа. // В сборнике: Труды Шестой Российской национальной конференции по теплообмену 2014. С. 802-805.
7. Тонконог В.Г., Коченков А.Г., Кусюмов С.А. Кавитационный парогенератор для опреснительной установки. // Труды Академэнерго. 2011. - № 2. - С. 33-39.

© Кувшинов Н.Е., Салимханов М.М., 2016

УДК 62-176.2

Н.Е. Кувшинов

инженер научно-исслед. лаборатории «ФХПЭ»

Р.Р. Файрушин

магистр 2 курса гр. ГТУМ-1-15

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Российская Федерация

ПУЗЫРЬКОВЫЙ ПОТОК

Аннотация

В данной статье рассматривается математическая обработка роста пузыря, его уравнение, а так же последующее решение.

Ключевые слова

Теплопроводность, пузырьковый поток, дисперсный поток, Уравнение Плезет

Для роста пузыря, чтобы иметь место $P_v - P_l$ должен быть положителен и для испарения, чтобы иметь место $T_l - T_v$ должен быть положителен.

Математическая обработка роста пузыря сложна. (Forester и Zuber) Они предполагали, что господствующий механизм теплообмена - теплопроводность. (Плезет и Цвик) Они предполагали единичный сопротивление теплообмена, обеспеченное тонким жидким оболочка окружающим пузырь.

Решение уравнения роста пузыря может быть упрощено, рассматривая последовательность трех режимов пузыря:

-поверхностное напряжение управляла стадией, где пузырь растет от критического радиуса (зарождение, нуклеация). Самый маленький пузырь, способный к росту имеет радиус:

$$r_1 = \frac{2\sigma}{P_{sat} - P_s}$$

-инерция управляла стадией, где пузырь растет по постоянной норме, определенной давлением пара и плотностью перегретой жидкости. Этот процесс имеет место очень быстро (в порядке микросекунд) и заключительный радиус пузыря - приблизительно в 10 раз r_1 :

$$r_2 \approx 10 \cdot r_1$$

$$\frac{dR}{dt} = \sqrt{\frac{2(P_B - P)}{3\rho_l}}$$