

Полуэмпирические методики в прогнозе развивающихся неизотермических течений углеводородных сред в трубопроводах: преимущество и недостатки интегродифференциальных подходов

Урустемов Н.Н.
seniort-74@yandex.ru

Научный руководитель: д.ф.-м.н., проф., Харламов С.Н., ИПР НИ ТПУ

В связи со сложной характеристикой течения вязких сред в трубопроводах в условиях вязкостно-инерционных режимах течения, нестационарных режимах функционирования трубопроводного комплекса, существенного влияния переменных теплофизических свойств, влияния внешних сил на локальную структуру течения теплообмена особый интерес в приложениях имеют методы, позволяющие получить сведения об интегральных и локальных характеристиках и теплообмена в рамках некоторых приближенных моделях процесса, для описания которых, наряду с точными методами, используют, так называемые, полуэмпирические интегро-дифференциальные подходы. Основные проблемы в применении таких методов связаны с необходимостью детального анализа процессов в областях входного гидродинамического, теплового участка, представляющий собой области со сложной характеристикой конвективно-диффузионного переноса импульса тепла. Представленный в работе метод дает возможность достаточно точно описать структуру течения и теплообмен в трубопроводе при схематическом описании процесса двумя зонами (ядра течения и пограничного слоя) при условии, что толщина слоя релаксации возмущения тепловых динамических величин должна быть известна или рассчитана на основе соотношений, полученных с привлечением законов сохранения импульса, энергии для ламинарных потоков. Цель данной работы связана с демонстрацией достоинств интегро-дифференциального метода, первоначально изложенного в работах Петухова Б.С. в прогнозе процессов в трубопроводных системах, ориентированная на транспорт углеводородных сред.

Рассматривая стационарное течение слабосжимаемых газообразных систем и несжимаемых капельных сред в условиях устойчивых вязкостно-инерционных течений в трубопроводе постоянного поперечного сечения, предполагаем, что влияние внешних сил (сил тяжести) пренебрежимо мало, вместе с тем температурный напор достаточен для заметного изменения теплофизических свойств и изменения локальной структуры течения и теплообмена движения потока, учитывающий диссипативный эффект, связанный с преобразованием кинетической энергии в тепловую. Система определяется уравнениями к описанию гидродинамики и теплообмена, включающий в себя уравнение неразрывности движения (уравнение Навье-Стокса), энергии (уравнение в форме Фурье-Остроградского). Изменение теплофизических свойств определяется связями Саттерленда для газообразных и Филонова-Рейнольдса для капельных, причем учитывая, что переменность наиболее заметна в изменении динамических вязкостей для капельных систем и температуропроводность и вязкость для газообразных. Вид уравнения для схемы теплопроводности в термическом начальном участке трубопровода, включающий зоны ядра и пограничного слоя сформулированы в цилиндрических переменных:

$$a \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) = w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_r \frac{\partial t}{\partial x} - \frac{\mu}{\rho c_p} \left(\frac{\partial w_x}{\partial r} \right)^2 \quad (1)$$

Интегрирование уравнения выполняется при следующих краевых условиях: на входе используются поле известных параметров течения и теплообмена, представляющий собой однородное распределение; на выходе используются мягкие граничные условия; на стенках условия прилипания для скорости и первого рода для температуры. Построение решения осуществляется в осесимметричной постановке граничных условий, для которой является условия симметрии для исходных величин на оси и равенство нулю радиальной компоненты вектора скорости.

Как показывает анализ работ Петухова алгоритм решения сводится к следующим действиям: необходимо определить численно изменения толщины теплового слоя от приведенной длины, которая связана с уравнением вида:

$$\int_0^k \frac{\left[B_1 \left(2 - \frac{T}{R} \right) - B_2 k \left(3 - \frac{T}{R} \right) \right] \frac{k^2}{2R}}{1 + \frac{1}{2} \pi_1 \frac{k^2}{R^2} (D_1 - 2D_2 k + D_3 k^2)} dk = \frac{X}{Pe} \quad (2)$$

Получено это уравнение с учетом идей Слэзкина-Тарга о построении решения в области пограничного слоя. Данные распределения о решении (локальные поля скорости, температур) имеют вид:

$$\theta = \frac{(1-k)^2 \ln(1-Y) + \left(Y - \frac{Y^2}{2} \right)}{(1-k)^2 \ln(1-k) + \left(k - \frac{k^2}{2} \right)} \quad (3)$$

$$W_x = \begin{cases} \frac{1}{R} \sum_{i=0}^n \frac{b_i}{k^i} \left(\frac{Y^{i+1}}{i+1} - \frac{Y^{i+2}}{i+2} \right) & Y \leq k \\ \frac{1}{R} \left\{ \frac{\mu_c}{\mu_0} \left[(Y-k) - \frac{1}{2} (Y^2 - k^2) \right] + \sum_{i=0}^n b_i \left(\frac{k}{i+1} - \frac{k^2}{i+2} \right) \right\} & Y \geq k \end{cases} \quad (4)$$

В работе проведены исследования о течении высоковязких и слабовязких углеводородных сред (бензин, керосин, метан) на геометрии трубопровода со следующими данными: число Re входит в диапазон от 50 до 1500, длина участка 50 м., диаметр трубы 500 мм., температура стенки 10 °С, начальная температура 20 °С. Рассмотрена ситуация охлаждения. Некоторые представления о прогнозе гидродинамики и теплообмена можно получить из рисунков 1-6.

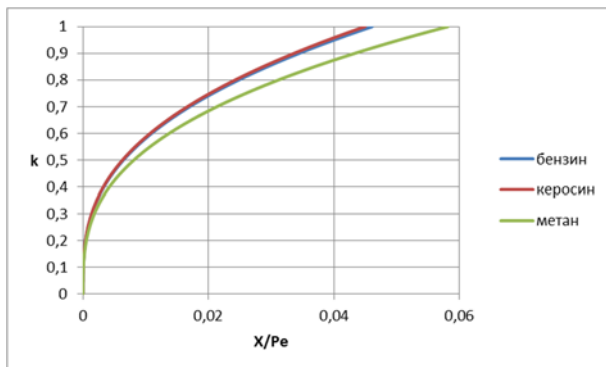


Рис.1 _ Изменение толщины пограничного слоя

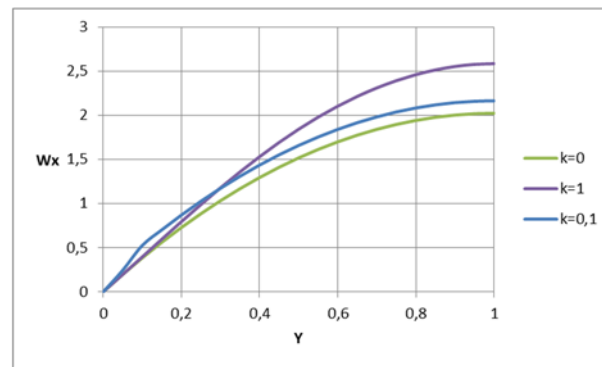


Рис.2 _ Профиль скорости (бензин)

Где представлены характеристика изменения полей скорости, распределение температуры по длине трубопровода. В частности на рис.1 представлены изменения толщины пограничного слоя в зависимости от расстояния. Из рисунка видно, что при данном напоре смыкание происходит для бензина при $X/Pe=0,045$, для керосина при $X/Pe=0,046$, для метана при $X/Pe=0,057$. Это позволяет получить представление об изменениях интегральных параметров течения и теплообмена. В частности на рис.5 представлены изменения теплообмена. Хорошо видно, что на больших значениях длины трубопровода число Nu принимает значение $Nu=3,66$ установившегося ламинарного течения при постоянной температуре стенки.

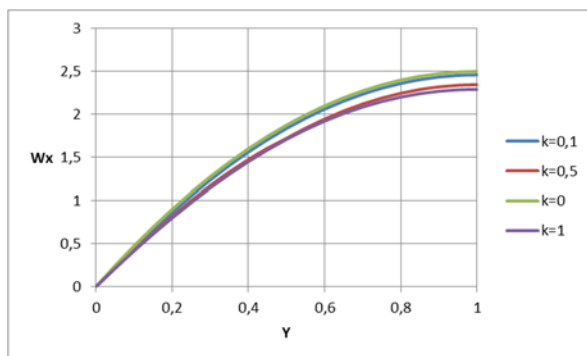


Рис.3 _ Профиль скорости (керосин)

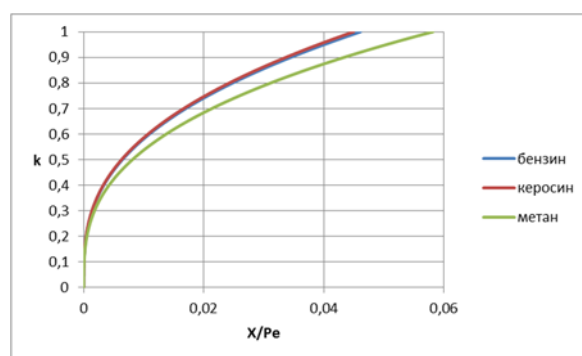


Рис.4 _ Профиль скорости (метан)

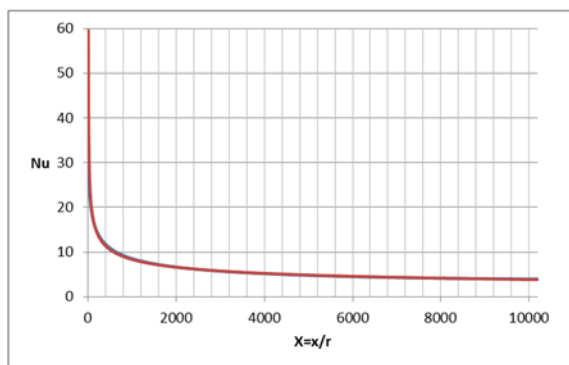


Рис.5 _ Изменение числа Nu (бензин)

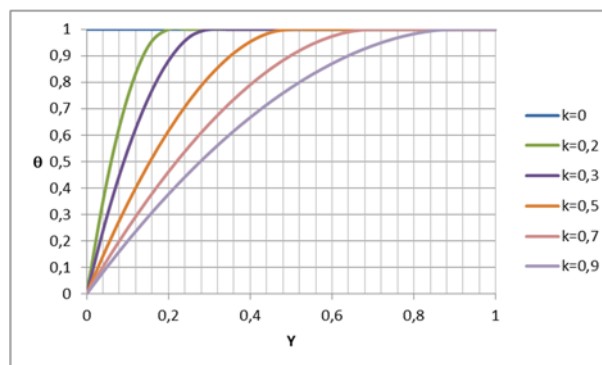


Рис.6 _ Распределение температур

В работе проведены исследования по изучению диссипативного фактора на изменение поле температур. Расчеты показывают, что не учет потерь в теплообмене дает погрешность числа Nu не более 11%. Как видим в сравнении с приближенным методом достаточно эффективно и является во многом единственной возможностью в оперативном реагировании в развивающихся процессах, что является основным достоинством полуэмпирической методике. Как показывает расчеты основных значений (Nu , Wx , θ) является сложный характер формулировки уравнения в развитии толщины слоя при условии отвечающем переходным и турбулентным течениям. В таких условиях необходимо пользоваться численным методом, что может составить предмет будущих исследований по определению теплообмена на участках трубопроводных систем в интенсивных режимах трубопровода.

Список литературы:

1. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с.
2. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. -152 с.
3. Петухов Б.С. Вопросы теплообмена. –М.: Наука, 1987. -278 с.
4. Харламов С.Н., Рудаченко А.В. Механика многофазных сред и математическое моделирование в трубопроводном транспорте. Учебное пособие. –Томск: Изд - во ТПУ, 2005. -67с.
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. -713 с.

Изменение химического состава подземных вод, при очистке бытовыми фильтрами

Янкович К.С.

yankovich.k.s@gmail.com

***Научный руководитель: траш. преподаватель ГРПИ ИПР, Янкович Е.П.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет***

Проблемы загрязнения окружающей среды актуальны в современном мире. Кроме того, важным фактором является воздействие загрязняющих веществ на здоровье человека [1]. Основная часть химических элементов поступает в организм пероральным путем [2]. Население, которое использует для хозяйственно-питьевых нужд воду из нецентрализованного водоснабжения подвергаются риску. Так как добываемая вода часто не соответствует гигиеническим нормам по содержанию ряда химических компонент, для ее очистки используют различные фильтры. Для очистки воды применяют бытовые фильтры.

Цель данной работы – исследование изменения химического состава воды в процессе ее обработки бытовыми фильтрами.

Отбор проб осуществлялся в г. Барнаул, который расположен в южной оконечности Западно-Сибирской платформы на территории Приобского плато [3]. Глубина скважины 105 метров. Анализы проводились в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ по стандартным методикам.