

В реальных схемах трубопроводов системы теплоснабжения можно выделить несколько расчетных циклов

При структурном описании разветвленную схему трубопроводов можно представить в виде орграфа с вершинами: $i = 1, \dots, N, N+1, \dots, N+K, N+K+1, \dots, N+K+M$, где вершины N и M соответствуют исходным и конечным пунктам; K – промежуточные вершины, соответствующие переходам между различными участками трубопровода с неизвестными характеристиками потоков.

Между вершинами существует связь в виде участков трубопровода, которую можно моделировать ребрами l_{ij} – длинами участков соединяющих i -ю и j -ю вершины. Наличие таких связей можно отразить с помощью составления матрицы $\{n_{ij}\} (i = 1, \dots, N + K + M; j = 1, \dots, N + K + M)$.

Считается, что изучаемый трубопровод является связным, т.е. такой, что для каждой пары вершин существует цепь их соединяющая. В противном случае несвязанные между собой участки рассчитываются отдельно.

Каждому существующему ребру l_{ij} соответствует свой диаметр d_{ij} , средняя скорость течения W_{ij} , расход Q_{ij} , падение давления ΔP_{ij} и дополнительный напор P_{ij} , создаваемый насосами. Каждой вершине соответствует свое значение гидравлического напора $P_k (k=1, \dots, N+K+M)$. От каждой исходной вершины отходит только одно ребро и к каждой конечной вершине также ведет лишь одно ребро. Для каждого узла j , начиная с $i = N+1$ до $N+K+M$, выбираются такие входящие в этот узел участки, для которых ΔP_{ij} имеет наибольшее значение. Затем путем исключения всех ребер, принадлежащих уже рассчитанным цепочкам участков, идентифицируются следующие участки схемы трубопроводов.

Технология проведения структурного анализа проверена на примере разветвленных внутриквартальных трубопроводов системы теплоснабжения жилых районов крупных населенных пунктов, имеющие большое количество участков. Каждая система трубопроводов имеет свои особенности и отличия по пространственной конфигурации, сильной разветвленности, количества потребителей, большой плотности оборудования на малых расстояниях и т.д. Соответственно будут существовать отличия в числе идентифицированных контуров, их рангов и последовательности расчета. В результате осуществлена идентификация участков трассы трубопроводов систем теплоснабжения с последующим их выделением по наибольшему гидравлическому сопротивлению и определена оптимальная последовательность ее расчета.

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕЧЕНИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КРУГЛОЙ ТРУБЕ

Назмеев Ю.Г., Малов К.М., Лившиц С.А.

*Исследовательский центр проблем энергетики
Казанского научного центра РАН,
Казань*

Одной из важнейших задач в теории тепломассопереноса является изучение критических режимов теплообмена, в том числе и на начальном участке движения.

При исследовании критических режимов теплообмена движения вязкой химически реагирующей жидкости на начальном участке круглой трубы была рассмотрена система уравнений движения и сохранения энергии. При ламинарном течении жидкости в предположении, что теплофизические характеристики меняются незначительно и перенос теплоты вдоль направления движения за счет теплопроводности много меньше вынужденного система уравнений принимает вид:

$$\frac{\partial t}{\partial r} + \frac{t}{r} = \frac{\partial P}{\partial z} = \text{const}, \quad r \in (0, r_1), \quad (1)$$

$$I \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + mI_2 + Q_0 k_0 e^{-\frac{E}{RT}} = v \frac{\partial T}{\partial z}, \quad r \in (0, r_1) \quad (2)$$

с граничными условиями:

$$\text{при } r = 0 \quad \frac{\partial v}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad (3)$$

$$\text{при } r = r_1 \quad v = 0, \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial r} = -\alpha(T - T_0), \quad (4)$$

где r, z – текущие координаты; r_1 – радиус трубы; v – скорость; T – температура; T_0 – температура окружающей среды; t – напряжение сдвига; I, m – коэффициенты теплопроводности и динамической вязкости; I_2 – второй инвариант тензора скоростей деформации; Q_0 – тепловой эффект; k_0 – константа скорости; E – энергия активации химической реакции; R – газовая постоянная.

Преобразовывая имеющуюся систему уравнений и переходя к безразмерным параметрам, мы получаем обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{1}{x} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \chi x^2 e^{\frac{\alpha \theta}{\beta \theta + 1}} + \delta e^{\frac{\theta}{\beta \theta + 1}} = \gamma \cdot w \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x}, \quad (5)$$

где x, θ – безразмерные функции координат и температуры; w – безразмерная функция скорости; коэффициенты χ и δ характеризуют интенсивность тепловыделения от вязкого течения и от протекания химической реакции; γ – параметр, характеризующий соотношение конвективного и молекулярного переносов теплоты в потоке; коэффициент α является от-

ношением энергии активации вязкого течения к энергии активации химической реакции; β - безразмерный коэффициент, связывающий температуру окружающей среды с энергией активации химической реакции.

Анализ показал, что за счет наличия экспоненциальных источников теплоты при некотором сочетании параметров χ , δ , γ и β в объеме движущейся вязкой жидкости может возникнуть высокая плотность энергии, которая приведет к нестационарному распределению температур и скоростей в потоке.

ПОСТРОЕНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА РЕГИОНА

Назмеев Ю.Г., Колин С.А., Лопухов В.В.
*Исследовательский центр проблем
энергетики КазНЦ РАН,
Казань*

Планирование является неотъемлемым инструментом рыночных реформ в энергетике. В общем виде задача планирования развития топливно-энергетического комплекса в любых экономических и социальных условиях сводится к обеспечению: гарантированной надежности энергоснабжения; минимальных затрат на производство, передачу и распределение энергии.

Чтобы достичь этого необходимо комплексное, системное рассмотрение процесса формирования топливно-энергетического комплекса и его функционирования путем выбора соответствующих типов и числа единичных мощностей, режимов эксплуатации энергоблоков, видов потребляемых ими энергоресурсов и учета условий местного, регионального и общегосударственного характера.

Сам процесс планирования и прогнозирования развития топливно-энергетических комплексов осуществляется с помощью экономико-математического моделирования и применения программно - вычислительных средств, позволяющих оперативно варьировать и рассчитывать процессы и различные параметры энергетического производства.

Такой системный подход позволил использовать программный комплекс на основе пакета энергетического планирования ENPEP (Energy and Power Evaluation Program).

Программный комплекс имеет модульную и итерационную структуру. Он представляет собой гибкий и многофункциональный инструмент для разработки, комплексного анализа и оптимизации плана развития топливно-энергетического комплекса страны или региона на основе сценарного подхода.

Впервые была разработана информационная энергетическая сеть топливно-энергетического баланса Республики Татарстан. Она состоит из трех основных частей: первичные энергоресурсы, энергопреобразующие технологии и процессы потребления энергии, идентифицированные по видам топлива, энергии и потребителей. Каждая из этих частей состоит из

элементов, обменивающихся потоками энергии между собой и с другими частями системы.

В основе программного комплекса и математического описания информационной энергетической сети лежит равновесная модель энергопроизводящего и энергопотребляющего сектора народного хозяйства региона в виде систем нелинейных неравенств и уравнений, которые описывают производство, преобразование и потребление энергоресурсов и видов энергии, а также связанное с этим ценовое преобразование энергии в процессе ее производства и потребления.

Принципиальной основой для нахождения равновесного рыночного развития топливно - энергетического комплекса является алгоритм, основанный на математически сформулированной гипотезе о том, что доли энергетических ресурсов на рынке обратно пропорциональны их ценам.

Топливо-энергетический баланс в таком виде строился на ряд лет (перспективные балансы) на основе сценарных подходов при условии проверки адекватности модели с помощью расчетов базового года.

При исследовании вариантов или сценариев развития топливно-энергетического комплекса Республики Татарстан по согласованию с Министерством экономики и промышленности Республики Татарстан за базовые ограничители были приняты:

- ситуационные изменения по поставкам природного газа в республику
- присутствие в структуре баланса республики закупок электрической энергии из других регионов Российской Федерации.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА ПРИ ЛАМИНАРНОМ ТЕЧЕНИИ СУСПЕНЗИЙ В КАНАЛАХ ЗМЕЕВИКОВОГО ТИПА

Назмеев Ю.Г., Шамсутдинов Э.В.,
Вачагина Е.К., Халитова Г.Р.

*Исследовательский центр проблем энергетики
Казанского научного центра РАН,
Казань*

В теплообменном оборудовании, применяющемся на предприятиях различных отраслей промышленности, например в энергетике, нефтехимической промышленности, очень часто используются каналы змеевикового типа. При моделировании процессов гидродинамики, знание которых необходимо для оценки эффективности работы и выбора оптимальных режимов эксплуатации как существующего, так и вновь проектируемого оборудования при работе с суспензиями, возникает ряд трудностей, связанных с сильной нелинейности операторов получаемой системы уравнений движения и неразрывности.

Настоящая работа посвящена исследованию математической модели ламинарного течения суспензий в каналах змеевикового типа с целью оценки характера течения и исследования структуры потока.

Вследствие того, что поток двухфазный, для использования классического аппарата механики сплошной среды, вводится понятие многоскоростного континуума, позволяющего использовать вышеука-