

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПОТОКОВ В ТРУБОПРОВОДЕ

Э.М. Виноградов

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

А.Б. Вериго

РУП Гомельтранснефть «Дружба», Республика Беларусь

Задача о нестационарном движении вязкой жидкости по цилиндрическим трубам давно привлекла специалистов в области механики жидкости и газов. Частные решения этой задачи рассмотрены многими авторами, а схема решения для случая ламинарного течения изложена в [1]. Здесь приведены решения задач о приведении в движение покоящейся в круглой цилиндрической трубе вязкой жидкости под действием мгновенного перепада давления и при воздействии периодических во времени перепадов давления. Реальные временные воздействия на входе трубопровода могут быть чрезвычайно разнообразными и определяются режимами работы насосных агрегатов или внешними воздействиями на поток. Важность решения данной задачи имеет особое значение при разработке и исследовании параметров расходомеров, для точности измерения расходов в переходном режиме.

При мгновенном скачкообразном приложении градиента давления $\Delta p/l$ и начальном значении скоростей потока $v(r,0) = 0$ при граничных условиях на стенке $r = a$ $v(a,t) = 0$ временные изменения скоростей $v(r,t)$ определены в [1].

Здесь же решено дифференциальное уравнение для скоростей потока при пульсирующем гармоническом изменении давления на входе.

Нами предлагается общий подход на основе теории электрических цепей. Для этого определим изображение $v(r,p)$ и тогда при любом временном воздействии перепадов давления $U_{вх}(t)$ профиль потока $V_{вых}(r,t)$ определяется, как:

$$V_{вых}(r,t) = L^{-1}[p \cdot v(r,p) \cdot U_{вх}(p)]. \quad (1)$$

Выражение (1) является основным для расчета динамики профиля потока при нестационарных перепадах давления. В докладе рассмотрены наиболее часто встречаемые в трубопроводном транспорте варианты изменения давления: экспоненциальный выход насоса в режим; гармонические пульсации потока; импульсные «выбросы» давления.

В расчетной модели был выбран трубопровод диаметром $D = 0,8$ м, вид жидкости – нефть с параметром вязкости $\nu = 20 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\mu = 17 \cdot 10^{-3}$ Пас. Постоянная времени установления потока при этом превышает 30 минут. На протяжении переходного процесса профиль скоростей существенно отличается от установившегося, что приводит к дополнительным погрешностям при измерении расхода. Для расходомеров, адаптированным к параболическому профилю, относительная погрешность в течение переходного режима достигает 5 %.

Явление длительного переходного процесса имеет место и для массовых трубопроводов воды. При их относительно малых диаметрах ($D \approx 0,1$ м) вследствие более низкой вязкости воды, переходной процесс имеет длительность в сотни секунд, что необходимо учитывать при «проливке» расходомеров.

В докладе рассматриваются эквивалентные электрические схемы, моделирующие вышерассмотренную задачу и задачу движения неньютоновской вязкопластичной жидкости, имеющей трение между слоями.

Литература

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – 848 с.