

3. M.A. Laribi, L. Romdhane, S. Zeghloul., “Analysis and dimensional synthesis of the DELTA robot for a prescribed workspace”, Mechanism and Machine Theory 42 (2007) 859–870.

4. Кайыров Р.А., Жаңа трипод түрдегі 3-PRRS параллель манипулятордың кинематикалық талдауы, КазҰУ хабаршысы, математика, механика, информатика сериясы, 108 том, №4, 58-71 б.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДИНАМИКИ ЖИДКОСТЕЙ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Курманова Д.Е., Джайчибеков Н.Ж.

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

E-mail: jaich@mail.ru

Для трубопроводной транспортировки нефти и нефтепродуктов используется подход, основанный на регулировании реологических свойств нефти, например, при помощи нагрева нефти с ее последующей транспортировкой по трубопроводу с повышенной теплоизоляцией (горячая перекачка нефти). В некоторых случаях увеличение вязкости нефти при понижении температуры приводит к недопустимым напряжениям на стенках трубы и остановке транспортировки. В работе [1] проведены исследования зависимости кинематической вязкости нефти и смесей нефти от температуры, а также проанализированы существующие формулы для расчета кинематической вязкости нефти в магистральных трубопроводах.

Настоящая работа посвящена исследованию гидродинамики теплоносителей в теплообменных аппаратах. В качестве теплоносителей используются вода («горячий» теплоноситель) и нефть («холодный» теплоноситель), между которыми происходит теплообмен через твердую поверхность трубопровода, являющейся границей между теплоносителями. Для численного моделирования гидродинамики теплоносителей применялись осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье–Стокса, замкнутые при помощи модели турбулентности.

В литературе применяются различные зависимости вязкости от температуры. В нефтяной отрасли при расчете кинематической вязкости, зависящей от температуры, применяется формула Вальтера [1]

$$\lg[\lg(\nu + 0.8)] = a + b \lg T,$$

где a и b – эмпирические коэффициенты, определяемые для данной жидкости экспериментальным путем. Коэффициенты a и b в формуле находятся из соотношений

$$a = \lg[\lg(\nu_1 + 0.8)] - b \lg T$$

$$b = \frac{\lg[\lg(\nu_1 + 0.8)] - \lg[\lg(\nu_2 + 0.8)]}{\lg T_1 - \lg T_2}$$

Здесь ν_1 и ν_2 – значения кинематической вязкости жидкости при температурах T_1 и T_2 .

Сравнение результатов расчетов по формуле Вальтера с экспериментальными значениями динамической вязкости для нефти показано на рис. 1.

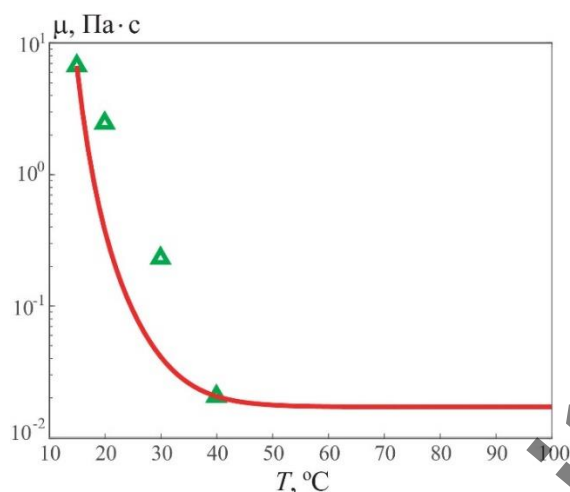


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости нефти от температуры. Треугольные значки – экспериментальные данные [2], сплошная линия – расчеты по формуле Вальтера

В расчетах используется сетка, состоящая из 19461 ячеек, из которых 500x24 ячеек размещается в области, заполненной нефтью, 500x5 ячеек – в области из стали, а 500x13 – в области, заполненной водой. Сгущение ячеек сетки производится около стенок трубы таким образом, чтобы $y^+ < 2$, где y^+ – безразмерная пристеночная координата.

Результаты расчетов сравниваются с данными, полученные методами вычислительной гидродинамики. Нефть считается ньютоновской жидкостью с постоянной плотностью. Расчеты проводятся при помощи численного решения осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье–Стокса (Reynolds-Averaged Navier–Stokes, RANS) для вязкой несжимаемой жидкости, замкнутых при помощи модели турбулентности, учитывающей ламинарно-турбулентный переход.

Распределение усредненного по сечению давления нефти показано на рис. 2. Перепад давления по всей длине трубы составляет около $0,52 \cdot 10^5$ Па. Из рисунка можно заметить характерное изменение кривизны линии на расстоянии порядка 3 м от входного сечения, которое обусловлено переходом ламинарного режима течения в турбулентный. Аналогичные изменения на указанном месте происходят и для других параметров потока, например для температур теплоносителей.

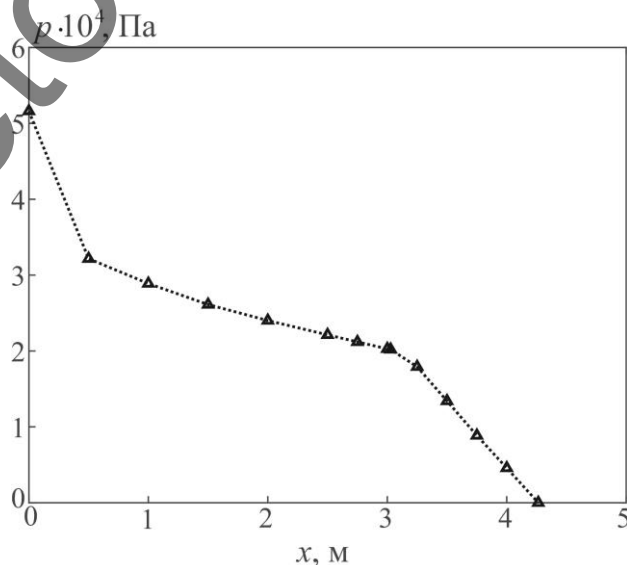


Рис. 2. Распределение усредненного по сечению давления нефти

Снижение вязкости нефти при помощи ее нагрева является одним из способов повышения энергоэффективности процесса перекачки высоковязкой нефти при добыче и транспортировке. Численное моделирование позволяет решить ряд вопросов, связанных

сповышением эффективности теплопередачи, которая остается одной из наиболее важных при проектировании теплообменных устройств нефтегазовой отрасли.

Список использованной литературы

1. Аралов О.В., Буянов И.В., Саванин А.С., Иорданский Е.И. Исследование методов расчета кинематической вязкости нефти в магистральном нефтепроводе // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Т. 7. № 5. С.97–105.

2. Тугунов П.И., Новоселов В.Ф., Коршак А.А., Шаммазов А.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. М.: Дизайн Полиграф Сервис, 2002. 234 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРЯЖЕНИЯ ПОВОРОТА С ПРЯМОУГОЛЬНЫМИ УЧАСТКАМИ РУСЛА КАРКИДОНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Муминов О.А.¹, Утбасаров Ш.Р.¹, Худайкулов С.И.²

Ферганский политехнический институт¹, Научно-исследовательский институт ирригационных и водных проблем²

E-mail: o.muminov@ferpi.uz, Sh.utbosarov@ferpi.uz, S.I.Xudaykulov@mail.ru

Приведены поперечные профили свободной поверхности на повороте с прямоугольными участками русла Каркидонского водохранилища, полученные на модели. Линия русла у внешней стенки горизонтальна, дно образует коническую поверхность; $B = 0,46 м$; поперечный наклон дна $k = 0,173$; $r_0 = 7,62 м$; угол поворота $\theta = 25,5^\circ$.

Радиальный участок сопрягается с подводящим и отводящим каналом переходными участками, радиус оси которых изменяется от ∞ до $7,62 м$. Расход $Q = 0,099 \frac{м^3}{сек}$, в начальном сечении $h_{cp} = 0,061 м$, $g_{cp} = 3,54 \frac{м}{сек}$.

Рассчитать кривую свободной поверхности в сечении радиального участка поворота. Напор H_0 над плоскостью сравнения принят постоянным.

В сечении 0-0 перед началом поворота при коэффициенте кинетической энергии $\alpha = 1,1$ имеем:

$$H_0 = kr + h_0 + \frac{\alpha g_0^2}{2g} = 0,173 \cdot 7,85 + 0,061 - \frac{1,1 \cdot 3,54^2}{19,62} = 2,122 м$$

Глубины, отвечающие радиусам r , определяем по (11):

$$h = h_0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 + H_0 \left[1 - \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \right] - kr \frac{r^2 - r_0^2}{r^2} = 0,061 \left(\frac{7,62}{r} \right)^2 + 2,122 \left[1 - \left(\frac{7,62}{r} \right)^2 \right] - 0,173 \frac{r^3 - 7,62^3}{r^2}$$

Средняя скорость на вертикали, исходя из постоянства удельной энергии при напоре $H_0 = 2,122 м$, равна:

$$g = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \sqrt{2g(H - h - kr)} = \frac{1}{\sqrt{1,1}} 4,43 \sqrt{2,122 - h - 0,173r}$$

Получаем глубины и средние скорости на вертикалях, приведенные в табл. 1. Расчет по формуле для радиуса поворота $r = 7,62 м$ дает