

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ В СРЕДЕ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

А.А. Кириллин, М.А. Мисюн

Научный руководитель – доцент В.К. Никульчиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Проблема транспортировки высоковязкой нефти в связи с увеличением ее добычи в общем объеме, является актуальной и важной задачей. Протяжённость трубопроводов достигает нескольких сотен километров, создать оптимальные термобарические условия по всему участку крайне сложно, в результате чего высоковязкая нефть претерпевает многократные изменения дисперсности, что отражается на ее вязкостных свойствах. Всё это вызывает резкие колебания гидродинамического сопротивления трубопроводной аппаратуры и, как следствие, увеличению затрат энергии и финансовых затрат, что делает транспорт таких нефтей менее эффективным и экономически выгодным [1].

На сегодняшний день не существует универсальной модели, способной описать все критерии и особенности транспортировки высоковязкой нефти по трубопроводу с учётом пресеченной местности. Для нестационарных течений часто применяют какие-либо допущения или предположения ввиду того, что получить простые расчётные формулы для сложной трубопроводной системы не всегда возможно [3]. Важную роль для выбора экономически оптимальных и безопасных режимов транспортировки нефти по магистральным трубопроводам играют теплогидравлические расчеты технологических режимов перекачки неизотермических трубопроводов и нефтей со сложной реологией [2].

Таким образом, целью данной работы является разработка модели транспорта высоковязкой нефти на участке трубопровода в условиях пресеченной местности с помощью пакета графического программирования. Программой средой был выбран пакет LabView.

Объектом исследования является нефтепровод в условиях пересечённой местности. Предварительно подогретая до некоторой температуры нефть, двигаясь по трубопроводу, будет отдавать свое тепло через металл трубы и изоляцию в окружающую среду, и температура нефти будет понижаться. Расход нефти, её начальная температура на входе в трубопровод и условия теплообмена не меняются во времени. При этих предположениях тепловой и гидравлический режимы перекачки можно считать установившимися. При установившемся режиме течения температура в сечении трубопровода остается постоянной и меняется только от сечения к сечению трубы.

Основными характеристиками «горячего» нефтепровода являются температура, давление, а также вязкость и плотность нефти.

Уравнение, описывающее изменение температуры в потоке нефти называется уравнением Шухова (1).

$$Gc_v \frac{dT}{dx} = \pi DK(T_2 - T) \quad (1)$$

Для описания гидравлического режима обозначим потери полного напора на участке между двумя сечениями трубопровода через dH . Для турбулентного режима (2), для ламинарного режима (3).

$$\Delta H(L) = \frac{0,0247Q^{1,75} v_*^{0,25} L \exp\left[-\frac{1}{4} a(T_2 - T_*)\right] \int_{x_0}^{x_K} \frac{\exp\left[-\frac{1}{4} aT_2(x-1)\right]}{(x-1)} dx, м \quad (2)$$

$$\Delta H(L) = \frac{4,15Qv_*L \exp\left[-a(T_2 - T_*)\right] \int_{x_0}^{x_K} \frac{\exp\left\{-a\left[1 - \frac{1}{3} \frac{K}{\alpha}\right](x-1)\right\}}{(x-1)} dx, м$$

$$x_0 = \frac{T_0}{T_2}; \quad x_K = \frac{T_K}{T_2}; \quad \Delta H(L) = H_0 - H_K \quad (3)$$

Для определения вязкости и плотности (5) по длине нефтепровода были использованы зависимости, описанные уравнением Рейнольдса-Филонова (4).

$$v(T) = v_* \exp\left[-a(T - T_*)\right], \quad (4)$$

$$\rho(T) = \rho_0 \left[1 + \xi(20 - T)\right] \quad (5)$$

Виртуальная модель нефтепровода разбита на 5 участков заданной длины и угла наклона к горизонту. Модель реализует расчёт основных параметров перекачки: давления, температуры, плотности и вязкости нефти в заданных точках разбиения, а также позволяет определить режим течения нефти на каждом из участков, потери

СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

напора и необходимость установки дополнительной станции подогрева. Выходные данные для каждого участка являются входными данными для следующего.

К исходным данным для расчёта «горячего» нефтепровода относятся:

- длина участков разбиения и угол наклона к горизонту;
- диаметр и толщина стенки трубопровода;
- массовый расход;
- температура окружающей среды (грунта);
- температура застывания нефти;
- температура первоначального подогрева;
- вязкость при известной температуре;
- плотность и вязкость при 20 °С;
- плотность и концентрация разбавителя;
- начальное давление в нефтепроводе.

На рис. 1 изображен интерфейс программы, который поделён на две вкладки. Вкладка «Нефтепровод» позволяет вводить исходные данные и наблюдать выходные параметры перекачки.

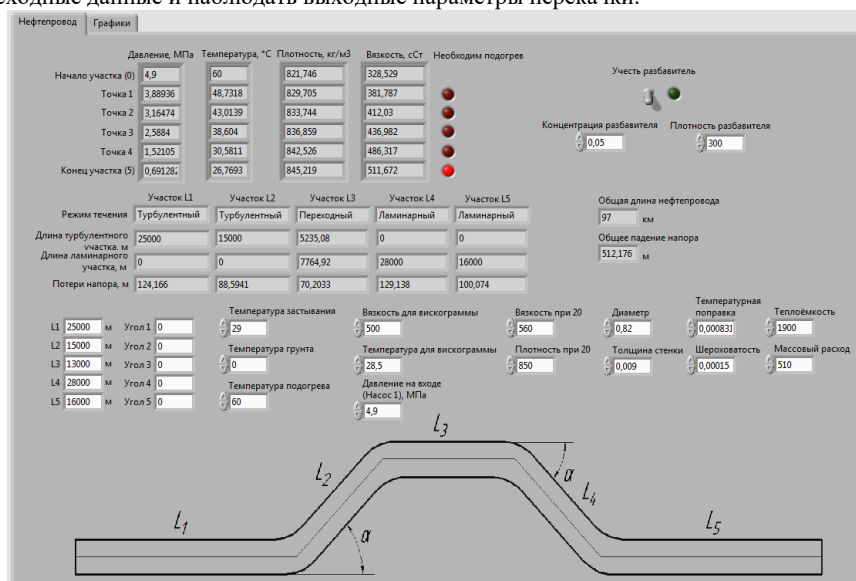


Рис. 1 Интерфейс программы

Для того, чтобы облегчить задачу моделирования в настоящее время широко используются методы компьютерного моделирования динамических систем с помощью программных средств. Данная работа выполнена в среде графического программирования LabVIEW.

Было разработано программное обеспечение, которое позволяет по выведенной математической модели транспортировки высоковязкой нефти, отслеживать основные параметры такие как: температура, давление, вязкость и плотность по всей длине трубопровода, а также определять режимы течения и необходимость дополнительного подогрева на участках. Данная виртуальная модель также может быть использована в качестве основы при постановке лабораторных работ, а также в качестве источника данных при развитии проекта, которые могут повысить эксплуатационную надежность проектируемых нефтепроводов.

Литература

1. Абрамзон Л.С. и др. Трубопроводный транспорт высоковязких и высокозастывающих нефтей // В кн.: ТНТО Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1968. – 92 с.
2. Алиев Р.А. Трубопроводный транспорт высокозастывающих нефтей с жидкими углеводородными растворителями / Р.А. Алиев, Э.М. Блейхер – М.: ВНИИОЭНГ, 1970. – 88 с.
3. Асатурян А.Ш. и др. Гидротранспорт вязких нефтей по трубопроводам // Нефтяное хозяйство. – 1965. – № 7. – С. 83 – 86.
4. Банатов В.В. Реологические свойства вязких нефтей и нефтепродуктов и их регулирование комплексными методами воздействия. – Тюмень, 2003. – 164 с.
5. Бутырин П.А. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе Lab VIEW 7/ Под ред. Бутырина П. А. -М.: ДМК Пресс, 2005. – 264 с.
6. Салимов З.С. Влияние механических воздействий на физические свойства высоковязкой нефти // Химия и технология топлив и масел. – 2001. – № 6. – С. 22 – 23.
7. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006. – 12 с.