

СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

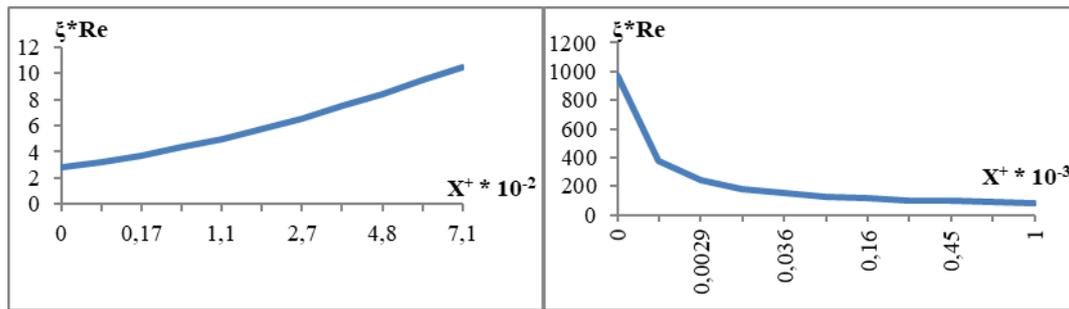


Рис.2 Зависимость коэффициента сопротивления ξ в трубопроводе в зависимости от приведенной длины X^+ при условиях, представленных на рисунке 1.

а – жидкая фаза б – газовая фаза

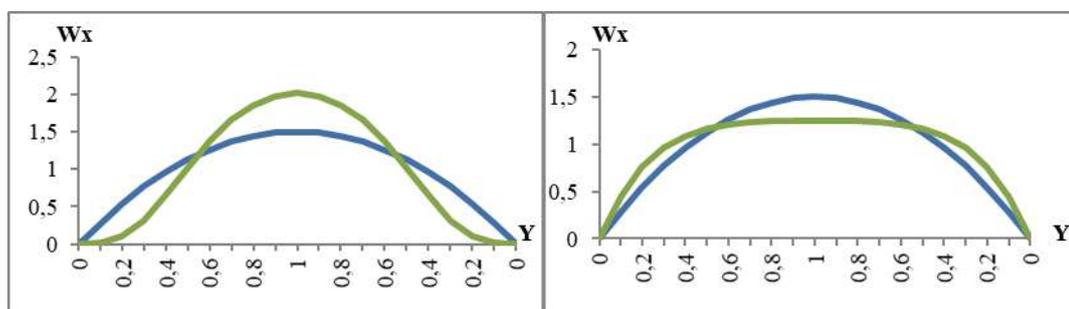


Рис.3 Распределение безразмерной осевой скорости W_x по поперечному сечению трубопровода в различных выделенных по длине сечениях Y .

а – жидкая фаза б – газовая фаза

Видно, что при $X \rightarrow \infty$ наблюдается стабилизация течения, охлаждение потока, при этом профиль скорости стремится к изотермическому течению. Данные условия коррелируются с реальными условиями транспортировки нефти в экстремальных условиях. Таким образом, методика расчета теплообмена углеводородной среды в трубопроводах может быть применена при прогнозах работы трубопровода в экстремальных условиях транспортировки продукта.

Литература

1. Бубенчиков А.М., Харламов С.Н. Математические модели неоднородной анизотропной турбулентности во внутренних течениях. – Томск: Томский государственный университет, 2001. – 448 с.
2. Петухов Б.С. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах. – Москва: Энергия, 1967. – 411 с.
3. Тарасов М.Ю., Примаков С.С., Бояркин В.Е. Проектные решения системы сбора и транспорта нефти из нефтяных оторочек нефтегазоконденсатных месторождений Крайнего Севера // Нефтяное хозяйство, 2012. – № 2. – С. 98-101.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГИДРОДИНАМИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТЕЧЕНИЕМ ОДНОФАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СРЕД В ТРУБОПРОВОДАХ

Э.И. Насибуллин

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Нефтепроводы на данный момент представляют собой наиболее важный способ транспортировки нефти. Перманентное развитие методов разработки месторождений, позволяющих добывать трудноизвлекаемые флюиды, требуют и постоянного развития транспортировки, поскольку именно от нее зависят условия сообщения между добывающими скважинами и нефтепромысловой инфраструктурой. Именно по этой причине, в настоящее время столько внимания уделяются гидродинамическим закономерностям движения однофазных систем, изучение которых позволяет почти в полной мере контролировать процесс транспортировки и влиять на него.

Цель работы – Рассмотрение современных способов, направленных на сохранение температуры и энергии нефти, а также разработка методики, оценивающей влияние парафиноотложений в трубопроводах.

Уравнение распределения температуры транспортируемой среды имеет вид:

$$\rho v \frac{d\varepsilon_{\text{внутр}}}{dx} \cong \frac{4}{d} * q_n - p v g * i \quad (1)$$

где: $\varepsilon_{\text{внутр}}$ – внутренняя энергия; q_n – тепловой поток, p – плотность транспортируемой среды, g – скорость свободного падения, i – гидравлический уклон, d – внутренний диаметр трубопровода.

Для теплового потока используем закон Ньютона-Рихмана:

$$q_n = -k * (T - T_H) \quad (2)$$

Таким образом, уравнение (1) приобретает дифференциальный вид:

$$\rho C_v v \frac{dT}{dx} = -\frac{4k}{d} (T - T_H) + p v g i_0 \quad (3)$$

$$-\frac{4k}{d} (T - T_H) + p v g i_0 \quad (4)$$

Дополнительный нагрев нефти приведет к большим энергетическим потерям. Повышение скорости транспортировки имеет положительное влияние, но недостаточное, для применения. Следует рассматривать понижение коэффициента теплопередачи «к». Уменьшения теплопередачи в 4 раза приравняет уравнение почти к нулю. Достичь этого можно двумя способами:

- 1) Использование трубопроводов с подогревом.
- 2) Использование материалов, препятствующих передаче тепла с окружающей средой и снижающие потери.

Рассмотрим изоляцию трубопровода с подогревом. Изоляция трубопровода представляет из себя, трубопровод, с двухслойной изоляцией, центраторами, подогревающим кабелем и внешним трубопроводом. Данное изобретение широко зарекомендовало себя и на данный момент данные трубопроводы используются уже на протяженности больше десяти тысяч метров.

Если мы воспользуемся данным трубопроводом, при условии, что коэффициент $k \rightarrow 0$, сможем рассчитать посредством (3), на сколько градусов могла бы повыситься температура нефти ($C_v=1950$ Дж/кг °С), за счет тепла внутреннего трения, если бы ее транспортировали по нефтепроводу ($L=120$ км, $d=800$ мм, $i_0=0,004$)

$$\rho C_v v \frac{dT}{dx} = p v g i_0 \quad (5)$$

Отсюда $\Delta T = G i_0 L / C_v = 9,81 * 0,004 * 120 * 103 / 1950 = 2,4$ °С.

Из этого следует, что транспортировка флюидов посредством данных трубопроводов способствует нагреву нефти, что положительно влияет на скорость и качество транспортировки нефти.

Потери напора на трение

При расчете потерь напора на трение, необходимо рассчитать Re – число Рейнольдса и λ – гидравлическое сопротивление. Рассчитывая данные коэффициенты при различных условиях транспортировки было выяснено, что сокращение сечения на 30% способствует ускорению передвижения среды в 2.3 раза. То есть, ламинарный режим течения заменяется турбулентным. Следует принять во внимание то, что использование данных методов само по себе не имеет смысла при оценке АСПО. Поскольку в некоторых источниках демонстрируется неверное представление о том, каким образом откладываются парафины. Парафиновые соединения не образуются по всему сечению трубы равномерно, вследствие чего, данные расчеты не могут быть применены при попытке нахождения потери напора на трение. Не существует определенного алгоритма или последовательности отложения парафинов, вплоть до того, что в трубопроводе может организоваться даже парафиновая пробка, несмотря на то, что остальная внутренняя поверхность не подверглась влиянию соединений.

В данной работе предложены два решения:

А) Разработка и применение новой методики расчета потери напора вследствие АСПО. Безусловно, данный процесс требует долгого анализа и тщательного расчёта, однако, на данном, этапе можно привести ориентировочную формулу гидравлического сопротивления; которая будет иметь тот же вид $\lambda = \lambda (Re, \varepsilon)$. А вот относительная шероховатость внутренней поверхности трубы примет вид:

$$\varepsilon = \frac{\Delta_1}{d} + \frac{\Delta_2}{d} + \frac{\Delta_3}{d} + \frac{\Delta_n}{d} + \dots; \quad (6)$$

В данном уравнении предложено совмещение влияния каждого образования парафина. Для упрощения уравнения имеет смысл введения средней величины $\Delta_{\text{ср}}$, которая рассчитывается с учетом количества парафиноотложений, а также характеризующих их высоту:

$$\Delta_{\text{ср}} = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_n}{n}; \quad (7)$$

В таком случае, формула упрощается и имеет вид

$$\varepsilon = \frac{\Delta_{\text{ср}}}{d} \quad (8)$$

Кроме того, существует немалая вероятность того, что и количеством можно будет пренебречь.

Б) Введение в формулу коэффициента, учитывающего основные процессы, происходящие при движении нефти через трубопровод, подверженный АСПО. Помимо всех параметров, которые учитывает формула Дарси-Вейсбаха. Необходимо также понять, что при соприкосновении с выступом парафина, возникает сила, из-за наличия которой имеет смысл придать этой переменной отрицательное значение, так как в момент столкновения парафины

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

значительно понижают импульс молекул нефти. То есть, данная переменная, должна учитывать множество параметров (v , η , d , ...), а скорость нефти и возникающая сила может быть выражена через Δv .

Литература

1. Алиев Р.А., Белоусов В.Д., Немудров А.Г. Трубопроводный транспорт нефти и газа. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 368 с.
2. Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа. Ростов-на-Дону, Феникс, 2006. – 128 с. – ISBN: 5-222-07871-X
3. Коршак А.А., Нечваль А.М., Трубопроводный транспорт нефти, нефтепродуктов и газа. – Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2005. -516с.
4. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Р.Н.Бахтизин Р.Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтедобычи. – Уфа: Гилем, 2003, 464 с.
5. Губин В.Е., Губин В.В. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. М. Недра, 2000, 205 с.
6. Shi, J. Water-lubricated transport of high-viscosity oil in horizontal pipes: The water holdup and pressure gradient, INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIPHASE FLOW, NOV 2017.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АВАРИЙНОГО РАЗЛИВА
НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ АКВАТОРИИ**

Д. А. Нечаев

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Общее поступление нефти и нефтепродуктов в акватории различного типа на данный момент пропорционально объему мировой добычи жидких углеводородов, что определяет растущую опасность загрязнения водоемов, рек и морей. Это связано в большей степени с резко возрастающей добычей углеводородов и разработкой новых месторождений. Поэтому при возникновении таких ситуаций, связанных с незапланированным выходом нефти и нефтепродуктов, эксплуатирующим компаниям необходимо иметь план локализации и ликвидации аварийных разливов нефти, применение которых значительно сократит негативное воздействие и степень серьезности аварии.

Стоит отметить, что немаловажную часть в планировании ликвидационных мероприятий стоит отнести именно к этапу подготовительных работ, которые основываются на оценке распространения аварийного разлива и степени загрязнения водоема. На данный момент в существующих планах ликвидации аварийных ситуаций не предусмотрена оценка распространения нефтяного загрязнения, таким образом, исключается обоснованный выбор мероприятий, ресурсов и оборудования, что непременно сказывается на увеличении времени реагирования, продолжительности и организации мероприятий по ликвидации последствий разлива. Планирование и непосредственно проведение работ по очистке нефтяного пятна с водной поверхности той или иной акватории требует прогнозирования распространения аварийного разлива нефти для повышения их точности [1]. Поэтому исследования в моделировании процессов распространения аварийных разливов жидких углеводородов, их быстрое и обоснованное применение к любым случаям аварийных ситуаций является актуальным вопросом на сегодняшний день и перспективным в плане обеспечения безопасности объектов добычи, эксплуатации и транспорта нефти и нефтепродуктов.

Целью исследования является описание математической модели распространения и трансформации нефтяного загрязнения при попадании на поверхность различного рода водоемов.

На сегодняшний день существует немало количество примеров моделирования распространения загрязняющих жидких углеводородов по поверхности той или иной акватории. В работах Джорджа Фей (Fay J. A.), являющимися в некотором смысле фундаментальными [5], процесс распространения нефтяной пленки по водной поверхности представлен в виде следующих друг за другом трех основных фаз: инерционная, гравитационно-вязкостная, поверхностного натяжения.

В работах Оразбаева Б.Б. (совместно с Кенжегалиевым А.К., Жумагалиевым С.Ж., Утеповым Б.Е., Кенжегалиевым Д.А.), которые исследуют влияние аварийного разлива нефтепродуктов при проведении технологических операций на экологическое состояние Казахского сектора Каспийского моря. Основой, предлагаемой авторами математической модели дрейфа нефтяного слика являются системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных в двумерном и трехмерном пространствах. Так, для моделирования распространения нефти и нефтепродуктов при аварийных разливах в трехмерном пространстве решается комплекс уравнений для определения скорости течения, температуры, концентрации солей и других примесей [3].

Для решения задач в контексте распространения разлива нефти на водной поверхности Дембицким С.И. (совместно с Корневым А.А., А.В. Ларионовым, О.В. Паниной и М.Х. Уртеповым) проведено математическое моделирование динамического взаимодействия разливов нефти с экосистемой моря и морского побережья внутренних морей Азово-Черноморского бассейна. Исследуемый процесс загрязнения экосистем описывается авторами как краевые задачи для системы нелинейных уравнений в частных производных (в их числе уравнение Навье-Стокса и уравнения физико-химических реакций в водной среде и на суше) [2].