ОГЛАВЛЕНИЕ

Список принятых обозначений 6
Введение 9

1 Эффект снижения гидродинамического сопротивления 13
1.1 История открытия эффекта Томса, его применение и перспективы . 13
1.2 Эффект снижения гидродинамического сопротивления и способы его экспериментального исследования 44
1.2.1 Турбулентные реометры капиллярного типа 49
1.2.2 Турбулентные реометры ротационного типа 60
1.2.3 Лабораторные гидродинамические стенды 64
1.3 Влияние гидродинамических параметров течения растворов полимеров на величину эффекта Томса 71
1.3.1 Влияние полимерных добавок на внутреннюю структуру турбулентного потока 71
1.3.2 Зависимость величины эффекта от числа Рейнольдса и напряжения сдвига. Влияние на эффект геометрических параметров и шероховатости трубы 73
1.4 Влияние физико-химических свойств растворов полимеров на величину эффекта снижения гидродинамического сопротивления 78
1.4.1 Зависимость величины эффекта от концентрации полимерного раствора 78
1.4.2 Зависимость величины эффекта от средней молекулярной массы полимерного образца и его молекулярно-массового распределения 81
1.4.3 Зависимость величины эффекта от вязкости и термодинамического качества растворителя 83
1.4.4 Влияние температуры на величину эффекта снижения гидродинамического сопротивления 88
1.4.5 Деградация полимерных растворов при течении 89
1.4.5.1 Роль сдвига 94
1.4.6 Снижение сопротивления в растворах поверхностно-активных веществ 107
1.4.7 ПТП для тяжёлой нефти 112
1.5 Известные механизмы явления снижения гидродинамического сопротивления полимерными добавками 115
Выводы по разделу 1 119

2 Необходимые и достаточные условия возникновения эффекта Томса 121
2.1 Исследование необходимости и достаточности условий возникновения эффекта Томса 121
2.2 Численное моделирование и количественная оценка характеристической вязкости раствора противотурбулентной присадки в нефти и порогового числа Рейнольдса 126
2.3 Исследование взаимосвязи между молекулярной массой и гидравлической эффективностью полимерных присадок 138
2.4 Исследование эффективности полимерных присадок на турбулентное течение нефти при низких числах Рейнольдса 142
Выводы по разделу 2 144

3 Турбулентное течение жидкости в цилиндрическом канале 145
3.1 Турбулентное течение ньютоновской жидкости в трубе 145
3.2 Турбулентное течение неньютоновской жидкости (полимерных растворов) 155

4 Методика оценки противотурбулентной эффективности потенциальных агентов снижения гидродинамического сопротивления . . . 188
4.1 Определение размеров экспериментальной установки для исследования эффективности противотурбулентных присадок 195
4.2 Сравнительный анализ гидравлической эффективности на трубках различного диаметра 210
4.3 Постановка задачи и алгоритм прогноза гидравлической эффективности противотурбулентных присадок с учетом деградации в нефте- и нефтепродуктопроводах 215
4.4 Исследование гидравлической эффективности противотурбулентных присадок на действующих трубопроводах 218
Выводы по разделам 3 и 4 225

5 Получение полимеров с антитурбулентными свойствами 229
5.1 Лабораторный синтез полиолефинов и их свойства 229
5.2 Промышленный синтез поли-α-олефинов в среде растворителя и реологические характеристики концентрированных растворов противотурбулентных присадок 241
5.3 Технология ПТП суспензионного типа 249
Выводы по разделу 5 256

6 Промышленные испытания противотурбулентных присадок на действующих магистральных трубопроводах 257
6.1 Результаты ввода в поток присадки для снижения гидравлического сопротивления на нефтепроводе Александровское–Анжеро-Судженск 257
6.2 Промышленные испытания полимерной присадки "ВИОЛ" на магистральном нефтепроводе Тихорецк–Новороссийск 264
Выводы по разделу 6 268

7 Технико-экономическое обоснование увеличения пропускной способности системы нефтепроводов при плановых работах за счет ввода присадки для снижения гидравлического сопротивления на лимитирующих участках 269
7.1 Методика технико-экономического анализа увеличения пропускной способности магистральных нефтепроводов при проведении ремонтных работ за счет использования противотурбулентных присадок 269
7.2 Расчет экономической эффективности использования присадки "Виол" при проведении ремонтных работ 270
7.3 Расчет экономической эффективности использования противотурбулентной присадки Liquid Power фирмы "Conoco"при проведении ремонтных работ 277
Выводы по разделу 7 284

8 Опыт применения противотурбулентных присадок на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах ОАО "АК "Транснефть" . . . 285
8.1 Оценка эффективности ПТП 286
8.2 Проведение опытно-промышленных испытаний ПТП на магистральном трубопроводе 289
8.3 Обработка результатов испытаний 294
8.4 Специфика применения ПТП на магистральных трубопроводах . . 298
8.5 Контроль качества ПТП 310
Выводы по разделу 8 314

Литература 316