

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Якупова Азамата Ульфатовича на диссертацию Голунцова Андрея Сергеевича на тему: «Повышение эффективности трубопроводного транспорта высоковязкой смолистой нефти в смеси с разбавителем в условиях низких температур», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки).

1. Актуальность темы диссертации

Освоение месторождений высоковязких нефтей в северных регионах сопровождается необходимостью их транспортирования при низких температурах окружающей среды. В таких условиях увеличение вязкости и проявление неньютоновских свойств транспортируемой среды приводят к росту гидравлических сопротивлений и, соответственно, увеличению энергозатрат. Одним из способов подготовки высоковязкой нефти к трубопроводному транспорту является ее смешение с маловязким разбавителем. Эффективность данного способа определяется не только количеством вводимого разбавителя, но и характером изменения реологических свойств смеси при различных температурах. Применение расчетных зависимостей, не учитывающих одновременно температурный и концентрационный факторы, способно приводить к существенному отклонению расчетных гидравлических параметров от фактических. В диссертационной работе данная задача рассматривается применительно к смеси высоковязкой нефти Северо-Комсомольского месторождения и маловязкой нефти Ванкорского месторождения.

В связи с изложенным тема диссертации, направленная на повышение эффективности трубопроводного транспорта высоковязкой нефти за счет учета температурно-концентрационного изменения ее реологических свойств, является весьма актуальной.

2. Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Установлены закономерности изменения коэффициента консистенции и показателя течения смеси высоковязкой смолистой нефти и маловязкого разбавителя в зависимости от температуры и концентрации компонентов.
2. Разработана модификация степенной реологической модели Оствальда-де Вааля, в которой коэффициент консистенции и показатель течения представлены как функции температуры и состава бинарной нефтяной смеси.
3. Развит подход к определению обобщенного числа Рейнольдса для степенной жидкости за счет учета температурно-концентрационных зависимостей реологических параметров, что позволяет использовать полученные характеристики смеси при гидравлическом расчете трубопровода.
4. Определена область применимости предложенной реологической модели по критерию сохранения псевдопластического характера течения смеси при различных температурах и концентрациях высоковязкого компонента.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-408 ОТ 04.09.20
А У У С

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных результатов диссертационного исследования подтверждаются использованием апробированных методов теоретического анализа и значительным объемом экспериментальных данных. Экспериментальная база включает 88 экспериментов по определению реологических свойств, выполненных на ротационном реометре Rheotest RN 4.1 при изменении температуры и состава смеси. Адекватность разработанной реологической модели подтверждена результатами статистической обработки с использованием критериев Фишера и Пирсона. Достоверность зависимости для определения коэффициента гидравлического сопротивления подтверждается сопоставлением расчетных и экспериментальных данных: коэффициент детерминации составил ($R^2=0,961$), средняя относительная погрешность - 7,97 %.

4. Научные результаты, их ценность

Автором установлены закономерности изменения реологических свойств смеси высоковязкой смолистой нефти Северо-Комсомольского месторождения и нефти Ванкорского месторождения в зависимости от температуры и соотношения компонентов.

Экспериментально установлено, что исследуемая нефтяная смесь в области пониженных температур проявляет псевдопластические свойства, которые могут быть описаны модифицированной степенной моделью Оствальда–де Вааля. Автором определены границы применимости разработанной модели в зависимости от температуры и содержания высоковязкой нефти в смеси.

Доказано, что учет температурно-концентрационных зависимостей коэффициента консистенции и показателя течения в обобщенном числе Рейнольдса позволяет учитывать изменение неньютоновских свойств смеси при определении гидравлического сопротивления трубопровода. Возможность применения предложенной зависимости для расчета коэффициента гидравлического сопротивления подтверждена экспериментально.

Результаты исследования освещены в 5 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий ВАК, а также в 3 статьях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке метода определения реологических свойств смеси высоковязкой смолистой нефти и разбавителя с учетом совместного влияния температуры и соотношения компонентов. Метод основан на определении коэффициента консистенции и показателя течения модифицированной степенной модели Оствальда–де Вааля как функций температуры и состава смеси. Полученные зависимости позволяют учитывать изменение реологических свойств транспортируемой среды при определении обобщенного числа Рейнольдса и коэффициента гидравлического сопротивления.

Практическая значимость работы состоит в разработке методики определения реологических свойств смеси нефти Северо-Комсомольского и Ванкорского месторождений и их учета при гидравлическом расчете трубопроводного транспорта. Предложенные зависимости и построенные карты режимов позволяют оценивать влияние температуры и состава смеси на гидравлические сопротивления и удельные энергозатраты и обосновывать параметры подготовки нефти перед ее подачей в магистральный нефтепровод.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать в проектных и эксплуатирующих организациях нефтегазовой отрасли при выполнении гидравлических расчетов трубопроводов, транспортирующих высоковязкую нефть в смеси с разбавителем, а также при выборе температуры транспортирования и соотношения компонентов смеси, с учётом условий эксплуатации и требований к качеству товарной нефти.

7. Замечания и вопросы по работе

1. При сопоставлении разработанной реологической модели с моделями Аррениуса и Кендаля-Монрое в качестве расчетного параметра принята динамическая вязкость при скорости сдвига 100 с^{-1} . Требуется пояснения выбор данного значения скорости сдвига и сохраняются ли полученные автором выводы о сравнительной точности моделей при других скоростях сдвига.

2. При проведении реологических исследований использовался режим последовательного увеличения скорости сдвига до 300 с^{-1} и ее последующего снижения. Представляет интерес, наблюдалось ли расхождение прямой и обратной ветвей реологических кривых исследуемых нефтяных смесей и проводилась ли оценка проявления тиксотропных свойств.

3. В описании методики реологических исследований недостаточно подробно представлена процедура приготовления бинарных нефтяных смесей заданного состава. Следовало бы подробнее описать порядок дозирования и смешения компонентов, а также способ контроля однородности получаемой смеси перед проведением измерений.

4. В экспериментальных данных для отдельных температур и составов смеси получены значения показателя течения $n > 1$, соответствующие дилатантному характеру течения, тогда как область применения разработанной модели определяется по условию сохранения псевдопластических свойств. Требуется пояснения учет данных с $n > 1$ при определении границ применимости разработанной модели.

5. При определении максимально допустимой доли нефти Северо-Комсомольского месторождения в разделе 4.4 в качестве ограничивающего условия используется требование по плотности товарной нефти. Вместе с тем в первой главе указано также требование по кинематической вязкости - не более 38 сСт при $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Целесообразно пояснить, выполняется ли данное требование при полученной автором концентрации $30,2 \text{ \%}$ и может ли совместный учет ограничений по плотности и вязкости повлиять на предельно допустимый состав смеси.

Отмеченные замечания и вопросы носят дискуссионный и уточняющий характер, не затрагивают основных научных результатов диссертационной работы и не снижают ее общей положительной оценки.

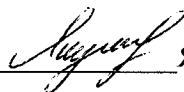
8. Заключение по диссертации

Диссертация Голунцова Андрея Сергеевича на тему «Повышение эффективности трубопроводного транспорта высоковязкой смолистой нефти в смеси с разбавителем в условиях низких температур», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки) является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной задачи повышения эффективности транспорта высоковязкой смолистой нефти в условиях низких температур.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор Голунцов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки).

Официальный оппонент: кандидат технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ (технические науки), доцент, доцент кафедры транспорта углеводородных ресурсов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет».

«01» 09 2026 г.

 Якупов Азамат Ульфатович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

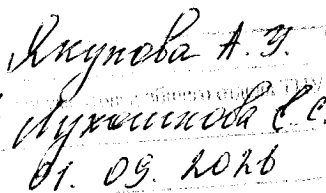
Адрес: 625000, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.tyuiu.ru/>

E-mail: general@tyuiu.ru

Контактный телефон: +7 (3452) 28-36-70




01. 09. 2026