

О Т З Ы В

официального оппонента, д.т.н., профессора Ковалевой Лианы Ароновны, на диссертацию на диссертационную работу Голунцова Андрея Сергеевича **«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»

1. Актуальность темы диссертации

В связи со все возрастающей долей в добыче, а следовательно, и в транспортировке высоковязких высокопарафинистых нефтей актуальными становятся вопросы оценки и возможном снижении энергозатрат при их перекачке. Особенно актуальны эти вопросы в условиях низких температур, что приводит не только к увеличению вязкости нефти, но и ухудшению ее реологических свойств. Одним из методов снижения вязкости нефти является ее компаундирование с использованием маловязкого разбавителя, в том числе при наличии такого источника - менее вязкой нефти.

Необходимым условием эффективного использования смешения высоковязкой и маловязкой нефтей является адекватный расчет гидравлических параметров транспортировки смеси двух нефтей с учетом влияния состава, температуры и возможного неньютоновского поведения потока. Этой актуальной проблеме посвящена представленная диссертационная работа А.С.Голунцова.

2. Научная новизна диссертации.

1. Базируясь на уравнении Оствальда - де Вааля, автором предложены температурные и концентрационные зависимости коэффициента консистенции и индекса (параметра) течения смеси двух нефтей, а также методика экспериментального определения входящих в них параметров.

ОТЗЫВ

ВХ. № 605 от 08.09.20
АУ УС

2. Получено уравнение для обобщенного числа Рейнольдса, учитывающее изменение реологических параметров смеси, позволяющее определить оптимальные/рациональные режимы транспортировки.

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

Приведенные в диссертационной работе результаты основаны на модернизации классических реологических уравнений и экспериментальных исследованиях, проведенных с использованием современных методов математической статистики и регрессионного анализа на сертифицированного оборудования и лабораторного стенда.

Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых печатных изданиях, в том числе входящих в перечень ВАК и базу Scopus.

4. Научные результаты диссертации

В диссертации приведены современные представления о моделировании транспортировки смеси нефтей с учетом неньютоновского поведения в неизотермических условиях. Проведен анализ методов определения гидравлических сопротивлений, который позволил автору обосновать необходимость разработки новой расчетной модели. Представлено теоретическое обоснование и модифицированная степенная модель бинарной нефтяной смеси, отличающаяся тем, что реологические параметры являются нелинейными функциями температуры и объемного содержания нефтей. Выведены аналитические выражения для определения обобщенного числа Рейнольдса и коэффициента гидравлического сопротивления.

Особо следует отметить методически обоснованные обширные экспериментальные исследования. Экспериментально подтверждено наличие определенных температурно-концентрационных диапазонов, в которых смесь сохраняет псевдопластические свойства.

Для практической реализации разработанных методов автором предложена методика определения реологических параметров смеси, Выполнен гидравлический расчет для транспортировки смеси нефтей

Северо-Комсомольского и Ванкорского месторождений в нефтепроводе Пурпе–Самотлор, определены оптимальные режимы транспорта.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методов реологического моделирования бинарных нефтяных смесей. Автор, путем обобщения степенной модели Оствальда-де Вааля, предложил математическую модель в неизотермическом случае двухкомпонентной смеси. Предложенная модель верифицирована экспериментальными исследованиями и в перспективе может быть использована в качестве базовой для аналогичных многокомпонентных углеводородных сред.

Практическая значимость работы состоит в разработке методики определения реологических параметров смеси (коэффициента консистенции и индекса течения) на основе экспериментальных данных; методики расчета коэффициента гидравлического сопротивления, учитывающей температурно-концентрационные изменения реологических свойств системы; построении карты режимов течения смеси высоковязкой нефти Северо-Комсомольского месторождения и маловязкой нефти Ванкорского месторождения; разработке программы для ЭВМ, позволяющей автоматизировать расчет основных гидравлических параметров транспорта неньютоновских жидкостей.

5. Замечания по диссертационной работе

1. В исходных предположениях автора много неточностей, в частности, на стр. 57 диссертации приведено уравнение (2.2), ошибочно названное уравнением Аррениуса. В действительности, судя по сопровождающему тексту, имеется в виду экспоненциальная эмпирическая зависимость, но некорректно записанная. По аналогии и с аналогичным текстом приведено выражение для коэффициента консистенции K в уравнении Оствальда - де Вааля в неизотермическом случае, которое требует пояснения.
2. Следующее предположение автора связано с необходимостью введения в аддитивную зависимость для смеси нефтей (2.9) степенной зависимости «для объемной доли компонентов» (стр.59 диссертации). Однако в итоге в этой степенной зависимости без пояснения оказалось произведение

коэффициента консистенции на соответствующую концентрацию (в автореферате формула (3)). В результате для чистых нефтей коэффициенты консистенции становятся зависящими не только от температуры, но и от неких коэффициентов «возможного» смешения – формулы (2.11) и (2.12) диссертации, что не имеет физического смысла.

3. В главе 3 экспериментально установлено, что «нефть Северо-Комсомольского месторождения при температуре ниже 40°C проявляет неньютоновские свойства и имеет «минимальные значения начального напряжения сдвига». Проведена ли оценка полученных значений с точки зрения верификации модели Оствальда-де Вааля или точнее было бы использовать в качестве базовой модель Гершеля-Балкли ?
4. Имеется некоторое противоречие в реологической идентификации Ванкорской нефти: в диссертации на стр.85 она отнесена к ньютоновским жидкостям, тогда как экспериментально полученный показатель течения $n = 0,63$ (табл. 4.2, рис. 4.1 при $\phi = 0$, $T = 60$ °C), что свидетельствует о выраженной псевдопластичности.
5. В разделе 3.5 приведено сопоставление экспериментальных результатов с предложенной автором модифицированной моделью Оствальда-де Вааля и моделями Аррениуса и Кендаля-Монрое (рис. 3.7–3.9). К сожалению, отсутствие численных значений входящих параметров не позволяет понять наличие такого большого расхождения двух последних моделей не только с экспериментами автора, но и между собой. Требуется пояснения и результат для модели, предложенной автором при $C=1$: почему полученное значение вязкости не соответствует чистой нефти?
6. Автором предложена область применения разработанной модели в некоторых диапазонах температур и концентраций (рис.3.10), но поскольку все эксперименты проводились для двух конкретных нефтей, эти данные вряд ли могут быть распространены на другие нефти. Кроме того, рассмотрен конкретный нефтепровод с ограничением максимально допустимой объёмной доли нефти Северо - Комсомольского

месторождения в смеси, равной 30,2%. В каком диапазоне температур разработанная модель применима с учетом такого условия смешения нефтей?

6. Заключение по диссертации

Диссертация Голунцова А.С. 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 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 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.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой прикладной физики

Уфимского Университета науки и технологий,

доктор технических наук, профессор



Ковалева Лиана Ароновна

Сведения об официальном оппоненте:

Полное наименование организации в соответствии с уставом

Уфимский университет науки и технологий

Почтовый адрес: 450076, г. Уфа, ул. Заводская, 33

Официальный сайт в сети Интернет

<https://uust.ru> эл. почта: liana-kovaleva@uust.ru

телефон: +7 (347)229-96-43



Подпись	Ковалева Л. А.
Инициалы	Л. А.
Дата	31.08.2026
Подпись	Ишмухамбетов Т. Р.