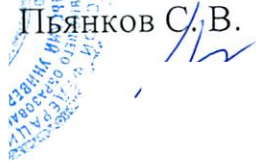


УТВЕРЖДАЮ

Проектор по научной работе
и инновациям ПГНИУ
доктор географических
наук, профессор
Пьянков С.В.



«07» декабря 2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» на диссертационную работу Костарева Никиты Александровича «Численное моделирование процессов тепломассопереноса в нефтяной скважине с греющим кабелем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертации

Месторождения углеводородов, обеспечивающих основную нефтедобычу в РФ, были открыты 30-40 лет тому назад и на сегодняшний день находятся в стадии падающей добычи. В связи с этим все больший интерес вызывают трудноизвлекаемые запасы сырья, доля которых составляет свыше 70%. К трудноизвлекаемой относится высоковязкая и тяжелая нефть, для которой характерно высокое содержание асфальтенов, смол и парафинов, которые при определенных условиях откладываются на стенках оборудования, что приводит к ряду проблем при извлечении и транспортировке скважинной жидкости. Добыча высоковязкой тяжелой нефти требует применение специальных технологий в том числе направленных на решение проблемы асфальтосмолопарафиновых отложений. В диссертационной работе Костарева Никиты Александровича

рассматривается метод борьбы с АСПО с помощью нагревательного кабеля, который направлен на поддержание температуры нефти выше температуры кристаллизации парафина. Автором предлагается математическая модель гидродинамических и тепловых процессов в скважине и окружающем пространстве с учетом работы греющего кабеля, позволяющая анализировать особенности процесса добычи нефти и определять необходимые условия эффективной работы скважины без парафиновых отложений, что, несомненно, является актуальной задачей для современной ситуации в нефтедобывающей отрасли.

Общая характеристика содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 157 наименований. Общий объем работы 103 страницы, в том числе 45 рисунков, 17 таблиц и 2 приложения.

Во введении дана общая характеристика работы, дано обоснование ее актуальности, определена научная новизна, приведены основные положения выносимы на защиту, достоверность полученных результатов, апробация, реализация и внедрение результатов диссертационного исследования.

Первая глава содержит анализ состояния проблемы. Рассмотрены основные факторы влияющие на процесс отложения парафина при добыче нефти и современные методы борьбы с этим явлением. Отмечено, что наиболее существенным фактором, влияющим на отложение асфальтосмолопарафиновых веществ, является температура нефтяной жидкости. Рассмотрены существующие математические модели, описывающие теплообмен нефтяной жидкости с породами, окружающими скважину. Дано обобщение основных недостатков существующих математических моделей, которые позволили сформулировать направление исследования диссертационной работы.

Вторая глава посвящена постановке задачи процессов теплопереноса в нефтяной скважине. Предложена математическая

модель, основанная на законах баланса, описывающая процессы теплопереноса в нефтяной скважине в стационарной осесимметричной постановке. Приведено обоснование выбора размеров и параметров дискретизации расчетной области и схемы решения уравнений баланса. Даны рекомендации по реализации математической модели на ЭВМ с различными характеристиками. Подтверждена адекватность результатов численной реализации предложенной математической модели путем сравнения с методикой, полученной на основе экспериментальных данных и математической моделью других авторов. Численные результаты были получены методом конечных объемов в программном пакете Ansys.

В третьей главе рассмотрено влияние технологических параметров добычи, реологических и теплофизических свойств нефти на температурное состояние скважины и длину участка, подверженного парафиновым отложениям. Приведены поля температур, скоростей и динамической вязкости в нефтяной скважине при различных условиях эксплуатации. Показано, что наиболее существенное влияние на глубину АСПО оказывают дебит и динамический уровень.

Четвертая глава содержит результаты исследования процессов теплопереноса в нефтяной скважине с нагревательным кабелем. Оценено влияние параметров добычи на эффективность тепловой деапарафинизации скважин греющим кабелем. Определена удельная мощность и интенсивность нагрева для предотвращения выпадения АСПО на стенках глубинно-насосного оборудования. Предложены рациональные режимы работы греющего кабеля с минимальным энергопотреблением на примере скважин Дороховского месторождения.

В заключении представлены основные результаты и содержательные выводы, которые соответствуют поставленным задачам исследования.

Основные научные результаты, полученные в диссертации

Научная новизна диссертационного исследования Костарева Никиты Александровича заключается в следующем:

1. Разработана пространственная математическая модель процессов тепломассопереноса в нефтяной скважине с учетом многослойности конструкции скважины и окружающего пространства.

2. Впервые предложена нестационарная пространственная математическая модель процессов тепломассопереноса в нефтяной скважине с учетом греющего кабеля.

3. Проведен анализ принятых при постановке задачи гипотез и параметров численной реализации математической модели процессов тепломассопереноса в нефтяной скважине с греющим кабелем на результаты решения.

4. Определено влияние реологических, теплофизических и геологических факторов на результаты расчетов температурного поля нефтяной скважины.

5. Выявлены закономерности влияния технологических параметров процессов добычи и режима нагрева греющим кабелем на эффективность тепловой депарафинизации.

6. Предложены рациональные режимы работы греющего кабеля, позволяющие сократить энергозатраты и обеспечить заданный режим работы скважины (без АСПО).

Степень достоверности и обоснованности результатов

диссертационного исследования

Достоверность результатов математического моделирования обеспечивается хорошей согласованностью с результатами экспериментальных исследований, решений, полученных другими авторами и сходимостью приближенного численного решения к точному, а также успешным внедрением результатов, полученных в диссертационной работе на двух скважинах действующего месторождения.

Основные результаты диссертационной работы Костарева Н.А. были представлены на международных и всероссийских научно-технических конференциях. Выносимые на защиту положения и результаты отражены в

15 печатных работах, включая 9 статей в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (в том числе 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 – в изданиях, входящих в базы цитирования Web of Science и Scopus). Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Научная и практическая значимость работы подчеркивается тем, что диссертация была выполнена в рамках гранта РФФИ №20-48-596001 р_НОЦ_Пермский край, а исследование является востребованным и актуальным для Пермского научно-образовательного центра мирового уровня «Рациональное недропользование».

Практическая и научная значимость полученных результатов

Результаты, представленные в работе, могут быть полезны для нефтедобывающих компаний при разработке и эксплуатации нефтегазовых скважин, осложненных асфальтосмолопарафиновыми отложениями. Применение разработанной математической модели позволяет оценить эффективность тепловой депарафинизации скважин греющим кабелем на этапе разработки месторождения и сделать выводы об эффективности данного метода борьбы с парафиновыми отложениями. Использование математической модели позволяет подобрать рациональные режимы нагрева, эффективно использовать оборудование и снизить капитальные затраты на электроэнергию и ремонт оборудования скважины.

Вопросы и замечания

1. В предлагаемой автором модели пространство окружающее скважину считается однородным по геофизическим параметрам. На самом деле трудно представить, что имеются такого рода мощные пласты. Чаще всего горные породы представляют из себя слоистые структуры с существенно отличающимися свойствами. Тем более, что интересующие автора эффекты

фиксируются на глубинах порядка 200 метров, на которых, например, возможно наличие вечной мерзлоты, в частности в большинстве месторождений западной Сибири.

2. В осесимметричной постановке положение греющего кабеля – строго по оси симметрии. В реальной ситуации это технически достаточно сложно обеспечить. Было бы полезно сделать хотя бы приближенные оценки насколько влияют малые возмущения (отклонение кабеля от оси симметрии) на исследуемые теплофизические характеристики.

3. В работе в широком диапазоне варьируются расходы (дебит) скважины, при этом не приводятся необходимые технические характеристики устройств (насосов), способных реализовать эти режимы для жидкостей с исследуемыми реологическими свойствами.

4. Относительно рис.1.1 (с.12) непонятно что берется в качестве точки отсчета 0 по вертикальной оси. В пояснительной надписи указывается, что речь идет о глубине отложения. Но если «0» это устье скважины, то речь идет о глубинах менее метра. Что весьма сомнительно.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Костарева Н.А.

Заключение

Диссертация Костарева Никиты Александровича «Численное моделирование процессов тепломассопереноса в нефтяной скважине с греющим кабелем» является законченной научно-квалификационной работой и представляет собой изложение результатов собственных исследований автора. Работа направлена на решение актуальной задачи предотвращения асфальтосмолопарафиновых отложений при добыче нефти с помощью греющего кабеля, имеющей важное значение для нефтегазовой отрасли при разработке и эксплуатации месторождений, осложненных АСПО.

Работа выполнена на высоком научном и техническом уровне с использованием современных средств и методик, а основные выводы обоснованы и подтверждены результатами промышленного внедрения.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а также требованиям п.9 – п.12 «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», а ее автор, Костарев Никита Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры прикладной математики и информатики ПГНИУ протокол №3 от 19.11.2021.

Отзыв составил:

Доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой прикладной математики и
информатики ПГНИУ


— С. В. Русаков

Сведения об организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614068, город Пермь, улица Букирева, д. 15, телефон: +7 (342) 239-64-35, сайт: <https://www.psu.ru>, email: info@psu.ru



С. В. Русаков заверяю
новый секретарь совета
