



ООО «Инкаб»
614532, Россия, Пермский край,
Пермский район, д. Нестюково,
ул. Придорожная, 2
тел./факс + 7 (342) 211-41-41
mail@incab.ru, www.incab.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Костарева Никиты Александровича
«Численное моделирование процессов тепломассопереноса в нефтяной скважине с
греющим кабелем»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ»

Современные тенденции использования энергоресурсов направлены на уменьшение доли невозобновляемых природных ископаемых видов топлива. Однако, отказаться от них на сегодняшний день не представляется возможным, поэтому вопрос разработки новых, считавшихся ранее сложными, месторождений нефти довольно актуален. Среди прочих трудностей, сопряженных с извлечением из природных недр этого субстрата, существует и проблема выпадения твердых парафинов и различных органических смол, что приводит к закупориванию элементов трубопровода добывающего оборудования. Автором рассматривается один из способов, при помощи которого ограничивают выпадение твердых компонентов нефти, а именно поддержание температуры нефтесодержащей жидкости выше точки их кристаллизации при помощи электрического нагревательного кабеля. Обычно кабель опускается в скважину, подается ток, и выделяемое при этом тепло не дает парафинам выпадать из субстрата. Постоянный режим нагрева прост с точки зрения реализации, однако может приводить к дополнительным необоснованным потерям электроэнергии.

В первой главе работы автор рассматривает текущее состояние дел в исследуемой области, факторы, влияющие на процесс депарафинизации и существующие методы борьбы с этим явлением. Отмечается необходимость создания сложной математической модели, при помощи которой можно проводить анализ тепловых полей внутри скважины и определять режимы нагрева.

Во второй главе приводится математическая модель процессов тепломассопереноса в скважине и прилегающей области пространства, а также предлагается метод ее численной реализации. Сравниваются возможные алгоритмы решения, оценивается адекватность предлагаемого подхода.

Третья и четвертая главы посвящена исследованию влияния свойств добываемой нефти и ее дебита на тепловые поля. На основе расчетных данных автор предлагает режим, при котором ток на греющий кабель подается периодически, а не постоянно. Грамотно подобранные временные интервалы поддерживают температуру в безопасном для эксплуатации интервале, а сам характер приложения нагрузки позволяет экономить электроэнергию.

Среди работ других авторов данное исследование выделяет, прежде всего, постановка задачи, позволяющая учесть все основные нюансы и особенности процесса нефтеизвлечения, сложные по реологии и составу материалы (зависимость вязкость нефти от скорости сдвига и температуры), а также нестационарная постановка в последней части.

Вместе с тем к работе есть некоторые замечания:

1. Анализ таблицы 2 автореферата показывает, что применение вдвое большего количества счетных ядер и ОЗУ в методе SIMPLE приводит к практически полуторакратному снижению скорости расчетов, что несколько обескураживает. Очевидно, автору следовало бы попытаться объяснить этот момент.
2. Поскольку счетная сетка имеет равное количество элементов по всей протяженности координат, было бы уместным рассмотреть сходимость результатов не от общего количества элементов модели, а от их количества по координатным осям.
3. В уравнениях энергии и теплопроводности (4), (5), (12) и (13) коэффициент теплопроводности зависит от обеих координат r и Z , однако характер этой зависимости нигде не приводится. Вместе с тем для элементов греющего кабеля в аналогичных уравнениях (14) и (15) эта величина уже постоянна.
4. В выражении (19) непонятно, по какому параметру определяется интегральная мощность источника тепла жилы греющего кабеля (S – поперечное сечение жилы? Площадь его боковой поверхности?). При этом в знаменателе стоит удельная электропроводность, очевидно определенная для температуры 20°C , что далеко от заявленных эксплуатационных значений.
5. Было бы полезным рассмотреть не только релейный режим работы греющего кабеля с включением по достижению минимальной температуры, но и более сложные алгоритмы, например PID-регулирование. Вероятно, применение такого способа поддержания температуры привело бы к еще большей энергоэффективности процесса добычи.

Учитывая вышесказанное, считаю, что диссертационная работа Костарева Никиты Александровича, несомненно, отвечает всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК предъявляемым к работам, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Я, Буренков Александр Евгеньевич, даю свое согласие на обработку своих персональных данных и включение их в документы, связанные с защитой диссертации Костарева Никиты Александровича.

Кандидат технических наук,
заместитель генерального
директора - руководитель
управления обеспечения ООО «Инт



Буренков А.Е.

«08» декабря 2021 г.