

Вх. N19 /17

от 27.04.2017

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ахметовой Оксаны Валентиновны «Температурные поля турбулентных и ламинарных течений в скважинах», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Нефтяное месторождение и система вскрывающих его нагнетательных и добывающих скважин представляют собой единый объект, работа всех элементов которого тесно взаимосвязана и сопровождается сложными процессами тепломассопереноса. Нефтяные пласты, как правило, имеют сложное геометрическое строение и неоднородную по абсолютной проницаемости и пористости структуру. Процесс фильтрации в пласте представляет собой течение многофазных многокомпонентных смесей, в котором происходит нетривиальное взаимодействие фаз, а нефти могут проявлять неньютоновские свойства. В свою очередь, подъем пластовой продукции на поверхность земли с помощью добывающих скважин также сопровождается нелинейными теплофизическими и гидродинамическими эффектами, фазовыми превращениями, изменением структур течения газожидкостной смеси, теплообменом потока с окружающими скважину горными породами и т.д. В результате движения газожидкостной смеси из пласта на поверхность зачастую происходит изменение ее состава, которая определяется как обводненностью продукции, поступающей в скважину из пласта, так и процессами межфазного массообмена при ее движении в лифтовых трубах.

Математические модели, применяемые для описания процессов тепломассопереноса в каждом отдельном элементе комплекса «пласт - система скважин», строятся с учетом конкретных специфических особенностей, как самих газожидкостных потоков, так и областей их движения. Неоднородность

строения областей движения многофазных смесей и, конечно же, структуры их течения приводит к тому, что соответствующие математические модели, как правило, представляют собой сложные системы нелинейных дифференциальных уравнений, которые существенно отличаются как по типу, так и по методам их решения. Исследование же режимов эксплуатации всего комплекса «пласт - система скважин», как единого целого требуют совместного решения этих систем уравнений, что приводит к значительным трудностям и требует решения задач сопряжения.

В этой связи диссертационная работа Ахметовой О.В., направленная на теоретическое изучение температурных полей в скважинах с учетом единого рассмотрения течения флюида в системе «пласт - скважина», имеет, несомненно, научное и практическое значение. Разработка оригинального метода исследования тепломассообменных процессов в скважинах и пористых структурах, построение аналитических решений задач ламинарного и турбулентного течений в вертикальных каналах, теоретическое исследование влияния различных параметров на распределение температуры в скважинах и пластах, определяет **актуальность** представленной работы.

В диссертационной работе Ахметовой О.В. предложен метод исследования тепломассообменных процессов в каналах и пористых средах, основанный на асимптотическом представлении полей температуры и давления с требованием тривиальных решений усредненной задачи для остаточного члена – «метод покоефициентного пространственного осреднения». Построена процедура реализации данного асимптотического метода для задач с переменными коэффициентами. На базе предложенного метода проведено теоретическое изучение температурных полей в скважинах с учетом теплового взаимодействия с окружающими горными породами и тепло- и гидродинамики течения флюида в насыщенном пористом коллекторе. Из вышесказанного следует соответствие диссертационной работы паспорту специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Оценка новизны и достоверности. В основном можно согласиться с формулировками автора о новизне работы. Наиболее существенными новыми элементами являются: 1) развитие асимптотического метода пространственного по коэффициенту осреднения, который позволяет строить приближенные аналитические решения задач скважинной теплофизики, содержащих переменные коэффициенты; 2) создание комплекса оригинальных математических моделей течения флюида в нефтегазопромысловом оборудовании и в насыщенных пористых средах; 3) построение асимптотических решений задачи о температурном поле в неоднородной анизотропной нефтяной залежи с учетом баротермического эффекта и теплообмена пласта с окружающими породами; 4) анализ влияния на время подхода температурного сигнала пласта (отклонения температуры флюида в призабойной зоне пласта от геотермальной) таких параметров, как глубина расположения термометра, дебит скважины, теплофизические свойства флюида и окружающей горной породы; 5) установление особенностей эволюции температурного поля в окрестности зоны изменения проходного сечения скважины, а также зависимости размеров зоны температурного влияния от соотношения площадей и расположения точки изменения проходного сечения. Постановки конкретных задач течения флюида в скважине и пористом коллекторе, рассмотренных в диссертации, обладают высокой степенью новизны.

Решение поставленных задач основано на использовании современных методов математического моделирования процессов движения флюида в пластах и скважинах. Обоснованность и достоверность результатов работы следует из корректной постановки задач, применения при разработке математических моделей фундаментальных уравнений теплофизики и гидродинамики, получения решений, не противоречащих общим термодинамическим представлениям и находящимся в соответствии с результатами, полученными другими исследователями, идентичностью

решений, построенных различными способами, а также согласования результатов расчетов с промысловыми данными.

Научная и практическая ценность диссертации обусловлена, прежде всего, важностью практических приложений, послуживших мотивацией для изучения температурных полей в скважинах. Проведенные исследования охватывают достаточно широкий спектр задач данной проблемы и позволяют решать актуальные прикладные задачи. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для совершенствования специализированных программных продуктов по гидродинамическому моделированию нефтяных месторождений, для выбора наиболее эффективных способов эксплуатации скважинного фонда месторождений. Развитый в работе асимптотический метод пространственного покоефициентного осреднения может быть применен при решении практических задач сопряжения с переменными коэффициентами и заслуживает упоминания в теоретических курсах нефтегазопромысловой механики. Предложенные автором математические модели для описания гидродинамических и температурных полей в скважинах и пластах исключительно интересны с научной точки зрения, т.к. дают представления о динамике их развития в зависимости от тех или иных параметров. Полученные результаты с успехом могут быть использованы в учебном процессе, в частности, при изложении таких дисциплин, как «Подземная гидромеханика», «Теория тепломассообмена», «Физика нефтяного и газового пласта», «Аналитические методы в теплофизике».

В качестве **замечаний** хотелось бы высказать следующее:

1. Одной из задач диссертационной работы являлось изучение закономерностей формирования температурного поля в скважине на основе полученных асимптотических решений, которые весьма громоздки и не совсем пригодны в прикладных расчетах. Поэтому было бы полезно обработать эти решения в виде аппроксимаций, более пригодных для практического применения.

2. Автор в работе делает вывод о том, что «... изменения вязкости не

вносят существенного вклада в температурное поле...». Но, во-первых, обычно рассматривают влияние температуры на вязкость флюида, а изменение этой величины может влиять на температурное поле лишь опосредственно (через гидродинамические параметры течения). Во-вторых, нередко случаи, когда флюид представляет собой высоковязкую нефть, движение которой от забоя к устью скважины при обычных условиях эксплуатации будет происходить при очень маленьких скоростях; в этих условиях температура восходящего потока будет практически совпадать с геотермальной, т.е. можно формально считать, что вязкость флюида влияет на температурное поле в скважине.

3. На стр. 90 диссертации делается вывод о том, что «... в нулевом приближении температура не зависит от радиальной координаты r ...». Но это является следствием устремления формально внесенного параметра асимптотического разложения ϵ к нулю. В этом случае радиальная компонента теплопроводности флюида стремится к бесконечности и для ограниченности решения уравнения теплопроводности необходимо, чтобы градиент температуры в радиальном направлении был равен нулю. Поэтому автору следовало бы более тщательно подходить к формулировке выводов физического характера.

4. При расчетах по формуле (5.8.3) принято, что вертикальная составляющая проницаемости равна 10 Д (10^{-11} м^2), а горизонтальная – 1000 Д . Во-первых, данные значения проницаемости не соответствуют реальным природным пластам. Во-вторых, при таких сильно завышенных значениях проницаемости, автор делает вывод о том, что скорость конвективного переноса тепла, определяемая с учетом линейного закона Дарси, принимает постоянное значение в первые секунды после начала отбора. Автору следовало бы более тщательно подходить к выбору значений при проведении расчетов.

5. В автореферате приведены лишь англоязычные версии переводных статей автора. На мой взгляд, следовало бы привести статьи на языке оригинала, а при необходимости добавить англоязычную версию. Также в списке литературы некоторые статьи приведены дважды: отдельно русско- и

англоязычные версии. Диссертация не свободна от опечаток, стилистических и смысловых погрешностей (например, «Фазовые переходы в стволе скважины наблюдаются не только вследствие выделения газа, но и за счет выделения парафинистой фазы...», «...режим постоянной депрессии величиной P_{01} ...», «...ламинарных потоков разных дебитов...»). Формула (1.9.5) записана с ошибкой. Рисунки 5.7-5.9 снабжены подписями, которые следует признать неудачными, т.к. на данных рисунках представлено изменение во времени скорости конвективного переноса, но при этом в подписи к рисункам указано, что это изменение приведено «...для малых (a) и больших (b) значений времени...».

Сделанные замечания не влияют на общую оценку работы, которая заключается в следующем.

Диссертационная работа Ахметовой О.В. выполнена на хорошем научном уровне. Список публикаций, приведенный в автореферате диссертационной работы, указывает на проработку всего круга поставленных перед соискателем задач. Текст автореферата в полной мере отражает содержание всего объема результатов исследований. Материалы диссертационной работы докладывались на международных и российских научных конференциях, опубликованы в научных статьях, в том числе в рецензируемых научных журналах, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Приведены научно обоснованные решения и практические рекомендации, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное достижение в развитии математического обеспечения технологий нефтегазодобывающей промышленности.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация О.В. Ахметовой «Температурные поля турбулентных и ламинарных течений в скважинах» является законченной научно-квалификационной работой и по своим квалификационным признакам соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к докторским

диссертациям, а ее автор – Ахметова Оксана Валентиновна – заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент,
главный научный сотрудник – заместитель
директора Тюменского филиала Института
теоретической и прикладной механики
им. С.А. Христиановича СО РАН по научной работе,
доктор физико-математических наук
(специальность 01.02.05 – механика
жидкости, газа и плазмы), доцент



Мусакаев Наиль Габсалямович

Адрес: РФ, 625026, г. Тюмень, а/я 1507, ТюмФ ИТПМ СО РАН,
e-mail: timms@tmn.ru, тел. (3452) 682745