

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Меретина Алексея Сергеевича «Разработка термодинамически согласованных математических моделей и методов математического моделирования для анализа тепловых методов увеличения нефтеотдачи» представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 (05.13.18) – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Предметом исследования диссертационной работы А. С. Меретина является разработка термодинамически согласованных математических моделей, вычислительных алгоритмов и комплексов программ для описания эволюции состояния нефтяного пласта при использовании тепловых методов увеличения нефтеотдачи.

Первостепенной задачей, стоящей перед нефтедобывающей отраслью, является сохранение темпов и увеличение нефтеотдачи. Эта проблема становится особенно актуальной в случае, если идет о разработке трудноизвлекаемых запасов. К последним относятся месторождения высоковязких нефтей, освоение которых основано, прежде всего, на применении тепловых методов интенсификации добычи. Метод воздействия на пласт при помощи закачки теплоносителя является достаточно перспективным, однако сложен и затратен в реализации. В связи с этим крайне важно корректно оценить его применимость и эффективность для каждого конкретного случая. Единственным средством решения этой задачи с точки зрения обоснования технологии «в целом» является применение методов математического моделирования.

Сложность моделирования процесса теплового воздействия на пласт заключается в необходимости учета различных возникающих эффектов, таких как деформация пласта, фильтрация флюида, изменение температуры среды и разрушение горной породы. На текущий момент нет общепринятых

подходов к моделированию данного процесса, которые с одной стороны были бы полностью физически корректными, а с другой - могли бы широко использоваться на практике. Разработка подхода является темой диссертации А.С. Меретина.

В диссертационной работе автором была самостоятельно разработана физико-математическая модель эволюции состояния термopopoупругой среды с учетом разрушения. Модель является обобщением классической модели Био для порoупругой среды. Базовая система уравнений модели состоит из основных законов сохранения: массы, импульса, энергии и замыкается определяющими соотношениями. Последние были получены в рамках процедуры Колмана-Нолла с применением второго начала термодинамики, что гарантирует термодинамическую согласованность модели. Полученный вид определяющих соотношений является новым, поскольку содержит слагаемые, отвечающие за учет разрушения среды. Стоит отметить, что в диссертации представлен полный вывод всех уравнений модели со всеми необходимыми пояснениями.

Одним из требований, предъявляемых к модели, является ее применимость на практике. Для этих целей автором был разработан вычислительный алгоритм, основанный на методе конечных элементов, позволяющий численно решать систему уравнений модели. Данный алгоритм был реализован в составе программного комплекса, позволяющего моделировать тепловые методы воздействия на пласт. Разработка и реализация программного комплекса была выполнена автором самостоятельно с минимальным использованием сторонних библиотек.

Корректность работы программного комплекса была подтверждена путем сравнения с аналитическими решениями для тестовых данных. Кроме того, были проведены расчеты теплового воздействия на пласт в постановках, приближенных к реальным, и проанализированы результаты.

В ходе работы над диссертацией автор продемонстрировал высокую квалификацию в области общей физики, математического анализа, вычислительной математики и программирования. при разработке математической модели автором были активно использованы методы современной рациональной термомеханики сплошных сред. По теме диссертации было опубликовано 6 научных работ в журналах из списка ВАК, часть которых индексируется в Scopus и WoS.

Считаю, что работа Меретина А.С. в полной мере соответствует уровню кандидатской диссертации, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 (05.13.18) – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный руководитель,

д.ф.-м.н.,

ведущий научный сотрудник

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

Савенков Евгений Борисович

Подпись Савенкова Е.Б. удостоверяю.

Ученый секретарь

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН,

к.ф.-м.н.



А.А. Давыдов

Дата «13» октября 2021 г.