

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертационную работу Мамаевой Зилии Заитовны «Теоретическое исследование собственных колебаний столба жидкости в скважине для определения коллекторских характеристик пласта», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

### **Актуальность темы диссертации.**

При проектировании и эксплуатации нефтегазовых месторождений необходимы достоверные сведения о фильтрационно-емкостных свойствах продуктивных пластов. Их знание, в частности, позволяет планировать воздействие на пласт с целью повышения нефтеотдачи. Основными способами получения информации о фильтрационных параметрах коллекторов являются геофизические и гидродинамические исследования скважин. Однако для их реализации требуется значительный объем работ, что ведет к существенным материальным и трудовым затратам. В последние годы получили развитие методы определения фильтрационных параметров пластов, основанные на анализе осцилляций давления в скважине в процессе ее возбуждения. Например, после остановки закачки жидкости гидроразрыва возникает гидроудар, в результате которого забойные и устьевые манометры фиксируют затухающие колебания давления. Другим примером возникновения осцилляций давления (уровня) в скважинах могут служить экспресс-опробования высокопроницаемых водоносных пластов, основанные на создании «мгновенной» депрессии на пласт с помощью компрессирования, мгновенного подлива или откачки и т.д. Отличительной особенностью данных способов исследования скважин является то, что они не требуют замеров дебита и не продолжительны по времени.

Получение достоверной информации о состоянии свойств пластовой системы на основе анализа собственных колебаний столба жидкости в скважине определяет актуальность темы диссертации.

### **Научная новизна.**

Построены математические модели, описывающие динамику собственных колебаний столба жидкости в скважине. Рассмотрены три различных случая геометрии скважины: вертикальная скважина, вскрывающая продуктивный пласт на всю толщину; вертикальная скважина, несовершенная по степени вскрытия; вертикальная скважина, пересеченная трещиной гидравлического разрыва пласта (ГРП). Изучено влияние основных параметров скважины, коллекторских характеристик пласта и трещины ГРП на характер затухания колебаний давления в скважине. Исследована динамика полей давления в пласте и трещине ГРП при собственных колебаниях столба жидкости в скважине.

### **Научная и практическая значимость основных результатов.**

Предложенные в работе математические модели и проведенные численные расчеты расширяют теоретические представления в области нестационарных гидродинамических методов исследования скважин и пластов. Полученные результаты могут найти практическое применение при оценке основных параметров трещин ГРП (длины и проводимости), определении фильтрационно-емкостных свойств пластов и диагностики технического состояния скважин.

### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.**

Степень обоснованности положений, выводов и рекомендаций в диссертационной работе Мамаевой З.З. соответствует общепринятой в рамках научной специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы». Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием фундаментальных уравнений механики сплошных сред, гидродинамики, законов сохранения и корректной постановкой физико-математических задач.

### **Содержание диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, перечня основных обозначений и списка литературы из 127 наименований. Общий объем работы составляет 123 страницы, включая 58 рисунка.

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, отмечены научная новизна и практическая ценность диссертации. На защиту выносятся 4 положения.

**В первой главе** представлен обзор литературы и обосновывается тема диссертации. Рассмотрены геофизические и гидродинамические методы исследования скважин. Приводится краткий обзор и анализ литературы, посвященной моделированию гидравлического удара в скважинах и его применению для определения фильтрационных параметров пласта и трещины ГРП.

**Во второй главе** построена математическая модель собственных колебаний столба жидкости в вертикальной скважине, вскрывающий пласт на всю толщину. Получены аналитические решения для возмущения давления и скорости в скважине, возмущения давления в пласте. Для определения комплексной частоты собственных колебаний выведено трансцендентное уравнение. Исследована зависимость частоты, коэффициента и декремента затухания от проницаемости пласта, изучена динамика возмущений давления на различных участках скважины.

**В третьей главе** исследуются собственные колебания столба жидкости в скважине с усложненной геометрией. В первом случае для несовершенной вертикальной скважины изучено влияние проницаемости пласта и длины интервала вскрытия на характер колебаний столба жидкости в скважине, описана динамика давления в пласте и различных участках ствола скважины. Во втором случае рассмотрена скважина при наличии вертикальной трещины ГРП. Исследовано влияние проницаемости пласта и проводимости трещины на динамику возмущений давления в стволе скважины, призабойной зоне и трещине ГРП. Проведен сопоставительный анализ с промысловыми данными.

**В заключении** сформулированы основные результаты и выводы диссертации.

### **Замечания по диссертационной работе.**

1. В работе для описания движения жидкости в стволе скважины вследствие гидроудара используются уравнения сохранения массы и импульса "в линеаризованном приближении". В диссертации не приводятся предположения, при которых получены эти уравнения.
2. В главе 3 при решении задачи о собственных колебаниях столба жидкости в вертикальной скважине, несовершенной по степени вскрытия, используется модель плоскорадиальной фильтрации жидкости в пласте. Данное предположение требует дополнительного обоснования, так как в окрестности несовершенной скважины фильтрация жидкости имеет более сложный пространственный характер.
3. Система уравнений (3.2.3), (3.2.4), описывающая одновременно радиальный режим фильтрации жидкости в пласте и билинейный режим фильтрации в системе «пласт-трещина ГРП», записана с опечатками.
4. Во всех численных расчетах в качестве жидкости принята вода. Было бы желательно помимо проницаемости пласта и проводимости трещины ГРП исследовать влияние вязкости нефти на динамику давления в скважине и призабойной зоне.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общую положительную оценку работы в целом.

### **Заключение.**

Диссертационная работа Мамаевой Зилии Зайтовны является завершенной научно-квалификационной работой, имеющей научную новизну и практическую значимость. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, входящих в список ВАК Минобрнауки РФ и международные базы цитирования Web of Science и Scopus. Автореферат верно отражает основное содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к

диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Мамаева Зилия Зайтовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

**Официальный оппонент**, старший научный сотрудник лаборатории подземной гидродинамики института механики и машиностроения – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», доктор физико-математических наук по специальности 1.1.9 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

14.09.23 *Mf*

**Морозов Петр Евгеньевич**

Институт механики и машиностроения – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», 420011, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31.

Тел.: (843) 236-52-89. Адрес электронной почты: morozov@imm.knc.ru

