

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу
Варламовой Натальи Николаевны на тему

«ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПАРЛИФТНОЙ ДОБЫЧИ ФЛЮИДА С ДВУХФАЗНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКОЙ НА ГЕОТЕРМАЛЬНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ»

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород,
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность работы. Практическое использование альтернативных источников энергии приобретает все большую значимость. На Камчатке геотермальная энергетика успешно конкурирует с дотируемыми традиционными видами. В последние годы вырос интерес к вопросам стимулирования скважин, которое позволяет повысить их производительность. Исследуются теплофизические процессы в скважинах и разрабатываются способы повышения их производительности. У большинства скважин на месторождениях парогидротерм, в том числе во всех скважинах крупнейших отечественных месторождений, уровень пластовых вод находится ниже устья. Эксплуатация таких скважин осуществляется за счет парлифта – разновидности газлифта, когда подъем теплоносителя осуществляется за счет облегчения флюида вследствие его вскипания. При этом скважина работает в режиме самоизлива – парлифт работает как природный газлифт, поскольку кипение обеспечивается поступлением горячих вод из пласта. Вместе с тем, на месторождениях парогидротерм имеется большое количество скважин, неспособных работать в режиме самоизлива. Кроме того, опыт показывает, что продуктивные скважины со временем теряют свою производительность, и наступает момент, когда парлифт уже не обеспечивает необходимый режим работы. Поэтому важно выявить условия, обеспечивающие парлифтную эксплуатацию, установить факторы, снижающие эффективность парлифта, и разработать способы обеспечения эксплуатации скважины в режиме самоизлива. Этим актуальным вопросам посвящена настоящая работа.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций обеспечивается необходимым объемом натуральных

данных, корректным использованием законов и положений гидромеханики многофазных сред, использованием верифицированных математических моделей.

Научная новизна выполненных исследований заключается в следующем:

– установлена взаимосвязь давления и энтальпии флюида в питающем пласте с подъемной способностью парлифта и выявлены факторы, определяющие условия, при которых парлифт не сможет обеспечить подъем флюида в стволе добычной скважины;

– разработана процедура расчета истинного объемного паросодержания для определения плотности смеси при моделировании пароводяного течения в трубопроводах на геотермальных месторождениях, основанная на традиционной «модели дрейфа» для восходящих потоков, а для нисходящих потоков на ее модификации, определяющей скорость не газовой, а жидкой фазы;

– установлена возможность существования гравитационной неустойчивости пароводяного течения в условиях освоения геотермальных месторождений, в частности, для Мутновского месторождения возникновение неустойчивости характеризуется скоростями транспортировки менее 20,7 м/с.

– выявлены закономерности влияния рельефа трассы трубопровода и мест расположения на нем местных сопротивлений на устойчивость пароводяного течения при освоении геотермальных месторождений.

Практическая ценность проведенных исследований заключается в обосновании мер по созданию благоприятных условий для транспортировки пароводяной смеси, способствующих предотвращению развития неустойчивости режима парлифтной добычи геотермального флюида, при проектировании и эксплуатации трубопроводов, а также в содействии при построении новой математической модели трубного течения пароводяного потока и ее компьютерной реализации, для замены ранее используемой в отечественной практике компьютерной программы MODEL.

Основное содержание работы

В первой главе приводится анализ современного состояния проблем освоения геотермальных ресурсов, выполнена оценка их актуальности. Оте-

чественный и мировой опыт разработки геотермальных месторождений с транспортировкой флюида в виде пароводяной смеси выявил ряд проблем, универсального способа решения которых на сегодняшний день не существует. Практически каждая из них приводит к одному исходу – неустойчивость работы системы добычи и транспортировки геотермального флюида. Первой очевидной причиной неустойчивости является низкая скорость транспортировки флюида, обоснованная выбором слишком большого диаметра трубопровода. Другая причина заключается в том, что российские месторождения, выводящие на поверхность пароводяную смесь, а также большинство подобных месторождений в мире характеризуются низким пластовым давлением и статический уровень пластовых вод находится ниже устья. Подъем флюида в таком случае происходит с помощью парлифта. Опыт эксплуатации геотермальных месторождений говорит о наличии изменений условий в питающих пластах в процессе эксплуатации, которые приводят к невозможности работы скважины в данном режиме.

Вторая глава посвящена анализу условий устойчивого течения в скважине, а также оценке факторов, способных на него повлиять.

Для установления причин, играющих дестабилизирующую роль в работе скважины, необходимо задаться условием определяющим режим ее устойчивой работы, который выглядит как

$$\frac{\partial \Delta p_i}{\partial G} + \frac{\partial p_2}{\partial G} > 0,$$

где Δp_i – внутренний перепад давления (сумма перепадов давления на конвективное ускорение, трение и гравитацию); p_2 – внешнее давление на верхнее сечение элемента (давление на устье); G – массовый расход смеси.

При проведении исследований были выявлены основные причины невозможности обеспечения парлифта: малое статическое пластовое давление; низкая проводимость пласта; неблагоприятные условия течения вниз по потоку от устья; несоответствующий (завышенный) внутренний диаметр обсадной колонны; технические дефекты при строительстве скважины, или возникшие в процессе ее эксплуатации или простаивания; неудачно выбранный способ и нерациональная процедура возбуждения.

В третьей главе представлены методы гидравлического расчета трубопроводов пароводяной смеси, а также предложена новая модель. Задача выполнения конкретного расчета является довольно сложной ввиду зависимо-

сти расхода транспортируемой смеси от устьевого давления, выступающего в качестве неизвестного. Поэтому гидравлический расчет системы транспортировки пароводяной смеси сводится к двум задачам: расчету течения в традиционном смысле и нахождению решения для системы скважина – трубопровод. Также одним из главных вопросов является определение условий беспульсационной транспортировки теплоносителя. В качестве метода решения второй задачи было предложено использование графического метода который был модифицирован в метод использования обобщенной характеристики системы скважина – трубопровод.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния характеристик трубопроводов пароводяной смеси на устойчивость режима работы системы добычи и транспортировки геотермального флюида. Рассмотрены такие факторы, как наклон и диаметр трубопровода, рельеф трассы, местные сопротивления, а также на основании проведенных исследований даны рекомендации по расчету систем транспортировки пароводяной смеси и их проектированию с учетом обеспечения устойчивой эксплуатации.

Для характеристики устойчивости течения в предложенной модели рассчитывается индекс

$$a = \frac{\partial \Delta p}{\partial G}$$

Отрицательное значение этого индекса указывает на наличие условий для развития гравитационной неустойчивости.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 120 наименований, содержит 128 страниц машинописного текста, 37 рисунков и 5 таблиц.

Соответствие содержания диссертации указанной специальности

В представленной работе рассматриваются процессы массопереноса связанные с фазовыми превращениями вода–пар в широком диапазоне давлений и расходов геотермального теплоносителя. Рассмотрение этих процессов полностью соответствует паспорту специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Автореферат в полной мере отражает существо диссертационной работы, по объему и содержанию соответствует требованиям ВАК РФ.

Список замечаний

Замечания в основном носят дискуссионный характер.

стр. 6. Первое положение констатирует что подъемная способность парлифта существенно зависит от энтальпии флюида и что охлаждение пластового флюида на 1°C эквивалентно снижению пластового давления на 1 бар, но те же процессы (охлаждение) действуют и при транспортировке флюида в трубопроводе где происходит его теплообмен с окружающей средой тем не менее эти процессы игнорируются моделью и расчетами поэтому необходимо предварительно объявить о рассмотрении только адиабатических процессов или изотермических процессов транспортировки флюидов.

стр. 74. ...Однако для частных случаев, например, от добычных скважин до расположенной неподалеку общей сепарационной станции, была теоретически показана и практически доказана эффективность двухфазной транспортировки теплоносителя... (где ссылки, только декларация)

стр. 79. Непонятны манипуляции автора с "компиляцией" формул (3.4) и (3.6) сперва говорится что формула 3.4 лучшее по сравнению с гомогенной моделью, затем автор суммирует лучшее (3.4) с удовлетворительным (3.6) определяет их среднее арифметическое называет эту операцию как компиляцию (3.7) но никаких оценок по согласованию не делает.

Необходимо отметить, что сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение о соответствии работы требованиям ВАК

Диссертация соискателя Варламовой Натальи Николаевны является научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение актуальной задачи по обеспечению устойчивого режима парлифтной добычи геотермального флюида на основе создания условий, препятствующих развитию неустойчивости течения при двухфазной (пар и вода) транспорти-

ровке добытого теплоносителя от скважины к потребителю, имеющей существенное теоретическое и практическое значение.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор – Варламова Наталья Николаевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Старший научный сотрудник
лаборатории горной теплофизики,
кандидат технических наук

 В.И. Попов

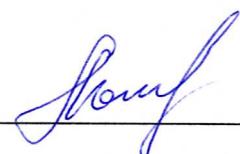
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН).

Адрес: 677980, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, пр. Ленина, 43.

Тел.: 8(411) 233-59-30(раб.), 8-924-360-57-61 (моб.)

E-mail: popov.gtf@mail.ru

Я, Попов Владимир Иванович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

" 1 " февраля 2023  В.И. Попов

Подпись официального оппонента, к.т.н. Попова Владимира Ивановича
удостоверяю,

Ученый секретарь

ИГДС СО РАН, к.т.н.



 С.И. Саломатова