

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента, доктора технических наук  
Булыжева Евгения Михайловича**

на диссертационную работу Лютоева Александра Анатольевича на тему «Высокоградиентный магнитный сепаратор для очистки пластовых вод от нефтезагрязнений с использованием нанодисперсного магнетита», представленную на соискание ученой степени кандидата технических по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль)

### **1. Актуальность темы диссертации**

Использование магнитных сепараторов распространено в различных отраслях промышленности: горнодобывающей, аграрной, легкой, пищевой. В зависимости от отрасли и применяемого технологического процесса подбирается магнитная система сепаратора, соответствующая поставленной задаче. В диссертации Лютоева Александра Анатольевича рассматривается стержневой тип магнитной системы сепаратора, предназначенного для решения принципиально новой задачи по очистке воды от эмульгированной нефти с применением магнитных наночастиц магнетита. Практика использования магнитных наночастиц для очистки вызвана рядом необычных физических и химических свойств, что связано с проявлением квантовых размерных эффектов, в связи с чем набирает огромную популярность у исследователей в различных отраслях деятельности. Бесспорное достоинство их заключается в возможности управлять их перемещением с помощью магнитного поля.

Как показывают расчеты автора, наночастицы магнетита образуют на поверхности глобулы нефти небольшую магнитную упаковку, поэтому требуется высокоэнергетичная магнитная система для ее экстракции. На рынке существует многообразие разновидностей высокоградиентных магнитных устройств, однако, применение их для решения задачи по удалению слабомагнитной нефтяной частицы и эксплуатация в условиях работы с абразивной нефтью не обоснованы. Таким образом, существующие типы магнитных сепараторов не могут быть использованы по прямому назначению

для очистки эмульгированных пластовых вод, что требует разработки магнитного сепаратора специальной конструкции. Это означает, что тема диссертационного исследования является актуальной.

## **2. Новизна и обоснованность научных положений, достоверность выводов и рекомендаций**

Научные положения диссертантом обоснованы четырьмя пунктами новизны.

*В первом пункте научной новизны* получена аналитическая зависимость для теоретической оценки оптимальной концентрации нанодисперсного магнетита. Достоверность первого пункта основывается на общеизвестных математических теоремах и грамотно составленной математической модели. Эта формула является частью алгоритма по определению оптимальной концентрации нанодисперсного магнетита на основе сведений о пластовой воде, первичных испытаниях и теоретической оценки, который в работе был применен к образцам пластовых вод Нижнечутинского месторождения. Таким образом, с помощью этого алгоритма выполняется оценка адекватности модели выбора оптимальной концентрации к конкретному месторождению на основе сравнение расчетных модельных и экспериментальных данных.

*Во втором пункте научной новизны* получено выражение для расчета скорости извлечения омагниченных глобул нефти из нефтезагрязненных пластовых вод. Этот пункт научной новизны подтверждается объективными физическими законами и математическим аппаратом, включающем в себя математику элементарных геометрических тел, математическую статистику, дифференциальное исчисление.

*В третьем пункте научной новизны* предложена зависимость для оценки градиента магнитного поля картриджа или кассеты магнитного сепаратора с продольным расположением стержней магнитной системы. Достоверность этого

пункта основывается на применении теоретически обоснованного расчетного метода конечных элементов в программном продукте Elcut, проверкой результатов на сертифицированных устройствах, на математических моделях, основанных на физических законах, которые определены аналитическими выражениями и реализованы в программных продуктах Matcad и Matlab.

*В четвертом пункте научной новизны* получено выражение для оценки производительности высокоградиентного магнитного сепаратора. Достоверность этого пункта научной новизны также обоснована строгостью примененного математического аппарата.

Достоверность выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, подтверждается компетентной постановкой исследовательской проблемы, целью и совокупностью решаемых задач по ее достижению, адекватным и корректным применением методических средств, а также апробацией на конференциях различного уровня и публикациями в рецензируемых журналах и изданиях.

Таким образом, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнения.

### **3. Значимость результатов диссертационных исследований автора для науки и практики**

Значимость результатов для науки заключается в обосновании аргументов применения магнитной системы сепаратора с продольным расположением стержней относительно жидкостного потока и обосновании механизма его работы, основанного предложенных аналитических выражениях, на разработке алгоритма проектирования рабочего органа магнитного сепаратора и установлении режима работы.

Значимость результатов исследования для практики заключается в том, что автором предложен метод, предназначенный для очистки пластовой воды от тонкодисперсной эмульсии с применением коллоидного магнетита с размером частиц 10 нм, и запатентован «Способ очистки воды от эмульгированных

нефтепродуктов» (номер патента 2724778; опубликовано 25.06.2020). Разработана и подана заявка на изобретение «Высокоградиентный неодимовый магнитный сепаратор с ферромагнитным картриджем», которая совместно с нанодисперсным магнетитом используется для доочистки пластовой воды от эмульгированных нефтепродуктов. Кроме того, автором разработана методика управления режимом работы магнитного сепаратора для извлечения из воды эмульгированных нефтепродуктов с применением нанодисперсного магнетита и принята к использованию в научно-проектном институте ООО «НИПИ нефти и газа УГТУ». Имеется также акт о внедрении в образовательный процесс для подготовки бакалавров по направлению 15.02.03 и магистров по направлению 15.04.02 "Технологические машины и оборудование".

#### **4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования**

Разработанную технологию очистки пластовых вод от эмульгированных нефтепродуктов с применением высокоградиентного магнитного сепаратора и нанодисперсного магнетитового сорбента рекомендуется включить в план развития компаний, занимающихся добычей нефти, для понижения остаточного содержания нефтепродуктов в воде. Технология полезна при нагнетании воды в пласт в условиях низкопроницаемых коллекторов.

Результаты проведенных исследований в области создания и разработки режима работы магнитного сепаратора рекомендуется использовать в качестве технического задания при опытно-конструкторских работах.

#### **5. Соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль), а именно в областях исследования: «Разработка научных и методологических основ проектирования и создания новых машин, агрегатов и процессов; механизации производства в соответствии с современными требованиями внутреннего и внешнего рынка,

технологии, качества, надежности, долговечности, промышленной и экологической безопасности» (п. 1); «Теоретические и экспериментальные исследования параметров машин и агрегатов и их взаимосвязей при комплексной механизации основных и вспомогательных процессов и операций» (п. 3).

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

1. Для устройства кассетного типа в диссертации приведены примеры расположения стержней под различным углом. Среди рассматриваемых, выбрано наиболее оптимальное расположение. Можно было рассмотреть другое многообразие порядка от  $0^0$  до  $90^0$ .

2. Для магнитного сепаратора картриджного типа выбирается ромбовидное расположение стержней, продольно расположенных относительно потока. Существует практика расположения стержней под наклоном в матричных сепараторах, однако, в работе не просматривается анализ таких устройств.

3. Не установлены предельно допустимые концентрации содержания нефтепродуктов в воде, при котором устройство может эксплуатироваться.

4. При исследовании магнитного поля стержневой системы исследование усложнено нелинейной аппроксимацией функции магнитной индукции. Можно было бы применить более простой подход линейной аппроксимации.

## **7. Заключение по диссертационной работе**

Замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Лютоева А. А. Автореферат и опубликованные статьи в полной мере отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа на тему «Высокоградиентный магнитный сепаратор для очистки пластовых вод от нефтезагрязнений с использованием нанодисперсного магнетита» соответствует паспорту специальности и отвечает требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней,

утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Лютоев Александр Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая отрасль).

Официальный оппонент — Заместитель генерального директора – генеральный конструктор ООО "Технологии и системы водоочистки", доктор технических наук по специальностям 05.02.08 – Технология машиностроения и 05.03.01 – Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки.

Булыжев Евгений Михайлович

Общество с ограниченной ответственностью "Технологии и системы водоочистки"

432045, Ульяновская область, г. Ульяновск, Московское шоссе, дом 38, офис 216  
Электронная почта: eugbul1946@gmail.com

Телефон: 8 (962) 630 52 43

Подпись Е. М. Булыжева заверяю:



Алякин Ю. Б.