

УДК 556.555.8

ВЫБОР МАГНИТА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МАГНИТНЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ СБОРА РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Морозов¹ В.А., учащийся 7 класса, Ушакова² Е.С. к.т.н., доцент

¹ЦНИИТТ г. Киселевска

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Одним из самых перспективных мест добычи нефти и газа сейчас является арктический шельф [1]. При этом наибольший объем углеводородов, около 90%, сосредоточен в арктических морях [2–4]. В то же время в Арктике в силу природно-климатических условий аварийные нефтяные разливы более вероятны, а последствия разлива труднее ликвидировать, чем в других регионах[5, 6].

В Кузбасском государственном техническом университете имени Т.Ф. Горбачева создают сорбенты на основе магнетита ($FeO \cdot Fe_2O_3$) [7]. Использование магнетита позволяет применять сорбент в суровых арктических условиях, так как при экстремально низких температурах он не теряет своих свойств [8, 9]. Магнитными сорбентами, возможно, управлять с помощью внешнего магнитного поля [10]. Таким образом, для применения подобных сорбентов нужно использовать установку, в основе которой должен быть магнит, способный притянуть и удерживать необходимое время отработанные сорбенты. Все указанное приводит к необходимости изучения процесса примагничивания магнитных сорбентов к магниту и описания механизма наблюдаемых явлений.

Таким образом, цель работы – экспериментально определить и теоретически обосновать форму и вид выбранного магнита, применяемого для магнитной установки.

В ходе экспериментов исследовали следующие магниты:

- полосной ферромагнит (длина 22 мм, ширина 10 мм, высота 5 мм; 6 г);
- кольцевой ферромагнит (внешний диаметр 45 мм, внутренний диаметр 20 мм, высота 8 мм; 43 г);
- U-образный ферромагнит (400 г; площадь полюсов 6 см²);
- цилиндрический неодимовый магнит (диаметр 25 мм, высота 4 мм; 17 г);
- цилиндрический неодимовый магнит (диаметр 19 мм, высота 9 мм; 17 г);
- цилиндрический неодимовый магнит (диаметр 11 мм, высота 25 мм; 17 г);
- цилиндрический неодимовый магнит (диаметр 9 мм, высота 33 мм; 17 г);
- цилиндрический неодимовый магнит (диаметр 6 мм, высота 56 мм; 17 г);
- цилиндрический неодимовый магнит (диаметр 4 мм, высота 79 мм; 17 г);
- электромагнит (85 г). Электромагнит состоял из металлического сердечника длиной 25 мм, диаметром 10 мм, вокруг которого намотана катушка из

медной проволоки 3600 витков, диаметр провода марки ПЭВ-1 без изоляции 0,14 мм; на катушку в 2 слоя намотан изолятон. Для питания используется блок питания 12 В.

Для исследования радиуса действия магнитов разных видов и форм проводили следующий эксперимент: к нулевой отметке линейки, размещенной горизонтально, клади скрепку, а с другой стороны линейки постепенно приближали магнит (рис. 1а). В момент, когда скрепка начинала двигаться к магниту, делали отметку значения, которое и принимали как радиус действия данного образца магнита.

Так как при помощи магнита в предполагаемой установке будет проводиться сбор сорбента на поверхности водоемов, то потребовалось проведение аналогичного исследования, но в водной среде. В прозрачную емкость наливали воду, на боковую стенку емкости закрепляли рулетку. На дно банки опускали скрепки, и аккуратно опускали магниты разных форм и видов в емкость с водой, до тех пор, пока скрепка не притягивалась к магниту, при этом замеряли расстояние, на котором происходило притяжение (рис. 1б).

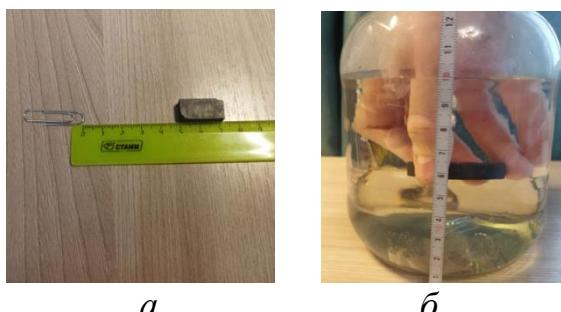


Рис. 1. Определение радиуса действия магнитов:
а – на суше; б – в воде

Для того чтобы определить зависит ли радиус действия магнитов от силы «на отрыв», применяли аналогичный динамометру прибор. Установка представляла собой пружинные весы (безмен), в принципе действия которого лежат те же законы, что и динамометра. На крючок безмена насаживали петлю из проволоки, припаянную двумя концами к стальной пластине размером 63·23 мм (рис. 2). Магнит приводили в соприкосновение с пластиной, систему устанавливали горизонтально, безмен закрепляли стационарно.



Рис. 2. Конструкция устройства для определения силы намагничивания

Медленно тянули за магнит, при этом фиксировали значение на устройстве в момент отрыва. Полученные значения переводили в ньютоны:

$$1\text{H} = 101,97 \text{ г.}$$

Средние значения результатов всех проведенных пятикратно экспериментов заносили в таблицу.

Таблица
Радиус действия магнитов разных видов и форм

Вид магнита	Масса магнита, г	Сила «на отрыв», Н	Радиус действия, см	
			на поверхности	в воде
Кольцевой ферромагнит	43	$2,85 \pm 0,22$	2,5	5
Полосной ферромагнит	6	$1,85 \pm 0,11$	0,5	2
U-образный ферромагнит	400	$7,95 \pm 0,23$	7	10
Цилиндрический неодимовый магнит (диаметром 25 мм)	17	$26,05 \pm 0,25$	6	7
Цилиндрический неодимовый магнит (диаметром 19 мм)	17	$14,91 \pm 0,19$	4,5	5,5
Цилиндрический неодимовый магнит (диаметром 11 мм)	17	$12,05 \pm 0,24$	4	5
Цилиндрический неодимовый магнит (диаметром 9 мм)	17	$10,75 \pm 0,21$	3,7	4,5
Цилиндрический неодимовый магнит (диаметром 6 мм)	17	$6,65 \pm 0,17$	2,5	3,5
Цилиндрический неодимовый магнит (диаметром 4 мм)	17	$4,45 \pm 0,19$	2	3
Электромагнит	85	$11,15 \pm 0,15$	2,5	-

Как видно из проведенных экспериментов, радиус действия магнита зависит от силы магнита и его массы. U-образный ферромагнит при массе в 400 грамм имеет самый большой радиус действия. При этом у цилиндрического неодимового магнита значительно больше сила на отрыв по сравнению с другими исследованными магнитами, при незначительном весе этого магнита. И радиус действия этого магнита, если увеличить его массу до массы U-образного ферромагнита, будет значительно больше, чем у всех магнитов. Установлено, что радиус действия всех магнитов в воде увеличивается, так как в воде уменьшается сила трения.

Наглядно зависимость силы магнита «на отрыв» от его площади по шести цилиндрическим неодимовым магнитам разных диаметров приведена на рисунке 3.

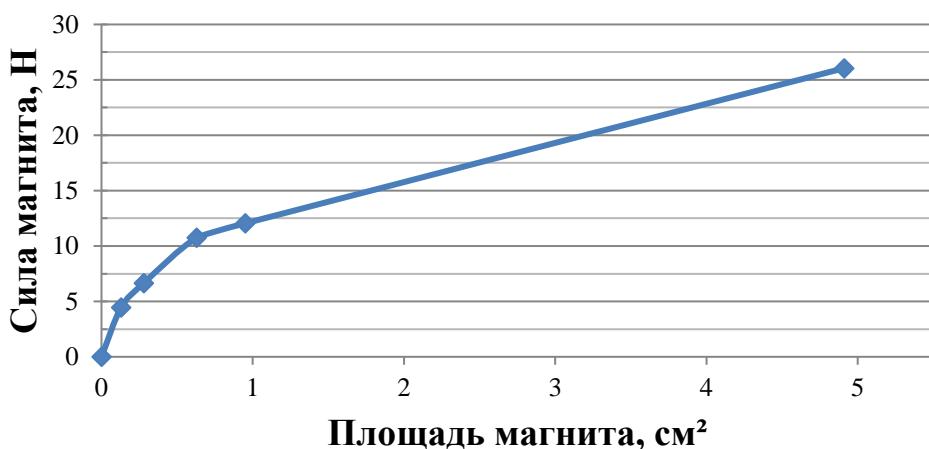


Рис. 3. Зависимость силы магнита от его площади

По графику видно, что при одинаковой массе и материале, из которого сделан магнит, наибольшей силой обладает магнит с большей площадью касания. С помощью программного обеспечения Microsoft Excel было определено уравнение полиномиальной зависимости силы неодимового магнита от площади:

$$y = -1,81x^2 + 13,82x + 1,79,$$

где x – площадь магнита;

y – сила магнита.

Так как сила магнита напрямую зависит от его площади, то для корректного сравнения электромагнита и постоянного магнита они должны иметь примерно одинаковую площадь касания.

При сравнении показателей электромагнита, имеющего диаметр сердечника 10 мм и неодимового магнита диаметром 11 мм, видно сходство (таблица). А если учесть, что у электромагнита можно легко контролировать силу намагничивания, изменяя количество подаваемого на магнит напряжения, а также отключать и включать его при необходимости, то в качестве основы магнитной установки рекомендуется использовать электромагнит.

Таким образом, установлено, что неодимовые магниты обладают большей силой на отрыв и радиусом действия среди постоянных магнитов. Однако в применении более эффективен электромагнит, который при этом не уступает по другим характеристикам неодимовому магниту. Предлагается использовать электромагнит для создания магнитной установки.

Список литературы:

1. Янкевский, А.В. Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Мирового океана / А.В. Янкевский, Д.Д. Ганченко, Е.В. Чернеева, В.А. Щерба // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017), С. – 28 – 36.
2. Богоявленский, В.И. Углеводородные богатства Арктики и Российский геофизический флот: состояние и перспективы. // Морской сборник. – М.: ВМФ, 2010, №9. – С. 53 – 62.
3. Богоявленский, В.И. Арктический шельф: природно-техногенные угрозы экосистеме при освоении ресурсов нефти и газа // Вестник МЧС. – 2013. – №6 – 7. С. 35–41.
4. Богоявленский, В.И. Перспективы и проблемы освоения месторождений нефти и газа шельфа Арктики // Бурение и нефть. – 2012. – №11. – С. 53 – 62.
5. Разливы нефти проблемы, связанные с ликвидацией последствий разливов нефти в арктических морях / Отчет WWF. Изд-е 2-е дополненное. – 2011. – С. 32.
6. Поттер, С. Ликвидация разливов нефти на арктическом шельфе. Передовой международный опыт: пер. с англ. / С. Поттер, И. Бьюст, К. Трудель и др.; под общ. ред. Д. Шольца. – Москва, 2013. – 140 с.
7. Черепова, А.Е. Нанесение сорбирующего материала на ядро сорбента/ А.Е. Черепова, Е.С. Ушакова. // XI Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия Молодая» (16 – 19 апреля 2019г.) – Кемерово: КузГТУ, – 2019. – С. 19 – 22.
8. Черепова, А.Е. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов при помощи сорбентов в арктических условиях / А.Е. Черепова, Е.С. Ушакова. // Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных. Томск: ТПУ. 1 Т. 2020. – С. 649– 650.
9. Черепова, А.Е. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов с водных пространств при помощи магнитных сорбентов / А.Е. Черепова, Е.С. Ушакова. // XI Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия Молодая» (21 – 24 апреля 2020 г.) – Кемерово: КузГТУ, – 2020 – С. 58 – 60.
10. Черепова, А.Е. Ликвидация аварийных разливов нефти при помощи магнитного нефтесорбента / А.Е. Черепова, Е.С. Ушакова. // Молодежная программа 24-ой международной специализированной онлайн выставки «безопасность и охрана труда» БИОТ – 2020. – Москва, (08–11 декабря 2020 года). – 4 с.