

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКОСТЕЙ В НЕФТЕДОБЫЧЕ

Чернова К.В., аспирант, Имаева Э.Ш., к.т.н.,

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Обработка водных систем в нефтедобыче магнитным полем – одно из спорных направлений в науке. Достаточно широко применяемая в различных областях промышленности, магнитная обработка до настоящего времени не имеет четкой общепринятой теоретической основы.

Для обработки водных систем используются устройства, содержащие магнитную систему из постоянных магнитов или электромагнитов. Магнитное поле с заданными характеристиками создается в рабочих зазорах, через которые движется обрабатываемая жидкость. Параметры магнитного поля в рабочих зазорах задаются на основе экспериментальных данных в зависимости от параметров обрабатываемой водной системы и цели ее обработки. Существующие на сегодняшний день устройства можно условно разделить на размещаемые в скважине и наземные, устанавливаемые в трубопроводных коммуникациях и аппаратах, и с магнитной системой на основе постоянных магнитов или электромагнитов.

Достоверно оценить перспективность того или иного направления совершенствования аппаратов магнитной обработки можно по количеству заявок на патентование, поданных в этом направлении, для чего был проведен анализ патентной информации. Использовался массив, состоящий из заявок на патентование, поданных в СССР и Российской Федерации за период с 1987 по 2002 гг.

Процесс подачи заявок на изобретения определяется многими факторами. Влияние одних факторов на подачу заявок определяется однозначно, другие же носят случайный характер. Следовательно, процесс подачи заявок можно рассматривать как случайный и при обработке статистического материала использовать теорию случайных процессов.

На практике часто встречаются стационарные случайные процессы. Случайная функция называется стационарной, если все ее вероятностные характеристики не зависят от времени (точнее, не меняются при любом сдвиге аргументов, от которых они

зависят, по оси времени). Одно из условий, которому должна удовлетворять стационарная случайная функция, - условие постоянства дисперсии. Спектром колебательного процесса называется функция, описывающая распределение амплитуд по различным частотам. Спектр показывает, какого рода колебания преобладают в данном процессе, какова его внутренняя структура. Спектр стационарной случайной функции описывает распределение дисперсий по различным частотам. На представлении случайных функций в виде спектральных разложений основана спектральная теория стационарных случайных процессов. Дисперсия случайной функции распределена по различным частотам: одним частотам соответствуют большие дисперсии, другим – меньшие. Функция, характеризующая плотность распределения дисперсий по частотам непрерывного спектра, называется спектральной плотностью стационарной случайной функции.

Обычно при решении практических задач нас интересует дисперсия, которая характеризует ошибки системы, вызванные поступающими на нее случайными возмущениями, и во многих случаях может служить критерием точности работы системы.

Авторами приняты следующие характеристики случайного процесса (корреляционная функция и спектральная плотность):

$$k_x(\tau) = D e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta\tau; \quad S_x(\omega) = \frac{D\alpha}{\pi} \cdot \frac{\alpha^2 + \beta^2 + \omega^2}{|\alpha^2 + (\beta - \omega)^2| \cdot |\alpha^2 + (\beta + \omega)^2|}$$

Параметр α характеризует степень затухания кривой $k_x(\tau)$ с увеличением τ ; параметр β – средняя частота функции $k_x(\tau)$. При увеличении α корреляционная функция $k_x(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|}$ убывает быстрее, колебания случайной функции становятся более резкими и беспорядочными, корреляционная связь между различными значениями аргумента затухает чрезвычайно быстро. Когда $\alpha \rightarrow \infty$, случайная функция имеет постоянную спектральную плотность.

При широкополосном, близком к «белому шуму», спектре направление подачи заявок считается малоперспективным. При узкополосном спектре направление можно считать перспективным.

При дальнейшем анализе в качестве параметров перспективности были приняты спектрально-корреляционные характеристики динамики подачи заявок на патентование аппаратов для магнитной обработки жидкости. По изменению количества поданных в

разные годы заявок сравнивались результаты вычисления корреляционной функции и спектральной плотности. С использованием программы MathCad 2000 Pro [2] были исследованы изменения количества заявок на патентование аппаратов магнитной обработки жидкостей в течение 192 месяцев (1987-2002 гг.).

На рисунке 1 показаны графики корреляционной функции и спектральной плотности колебания общего количества заявок на патентование аппаратов магнитной обработки жидкостей всех видов.

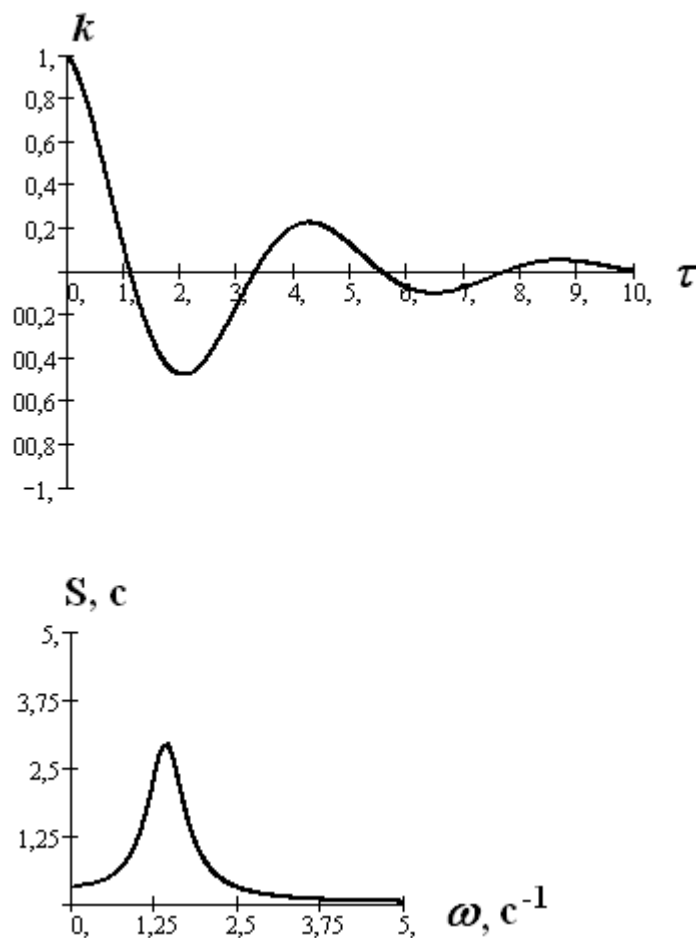


Рисунок 1. Результаты вычислений корреляционной функции и спектральной плотности динамики подачи заявок на патентование аппаратов для магнитной обработки жидкости.

Анализ формы спектра показывает, что для подачи заявок на патентование аппаратов для магнитной обработки жидкостей характерен узкополосный спектр, что характеризует направление магнитной обработки жидкостей как перспективное.

Кроме спектрально-корреляционного анализа к группе критериев для косвенной оценки перспективности направлений совершенствования устройств магнитной

обработки жидкости относится коэффициент Джини [3] - макроэкономический показатель, характеризующий дифференциацию определенных показателей в виде степени отклонения фактического распределения от абсолютно равного. Чем выше коэффициент Джини (он меняется в пределах от 0 до 1), тем выше дифференциация.

Нами предложена методика оценки перспективности направлений совершенствования устройств магнитной обработки с использованием коэффициента Джини, основанная на обработке временных рядов, составленных из количества заявок на патентование, поданных в определенные промежутки времени. Общая неравномерность в распределении заявок по времени характеризуется кривой Лоренца, а количественная степень неравенства в распределении заявок – коэффициентом Джини. Таким образом, устанавливается связь между изменением количества подаваемых заявок на патентование за определенный промежуток времени, и стабильностью интереса исследователей к данному направлению, что также характеризует его перспективность.

Определение коэффициента Джини основано на построении кривой Лоренца, или линии распределения. Для этого строится зависимость количества значений случайных величин Q (количества поданных заявок на патентование) по оси ординат в % – от количества этих значений N в начале и конце периода (месяцев, за которые подавались данные заявки) по оси абсцисс в %, для различных групп устройств магнитной обработки жидкостей.

Если бы распределение поданных заявок во времени было абсолютно равным, то есть, за равные промежутки времени подавалось бы одинаковое количество заявок (идеальная ситуация), линия распределения имела бы вид линии OE (рис. 2). В действительности наблюдается иная картина, что представлено кривой $OABCDE$, или так называемой кривой Лоренца. Чем больше отклонение кривой Лоренца от линии OE , тем меньше взаимосвязь между анализируемыми показателями. И напротив, чем меньше отклонение, тем ближе реальное распределение к идеальному. Площадь фигуры $ABCDEO$ – это интегральный показатель отличия действительного распределения от полностью равномерного.

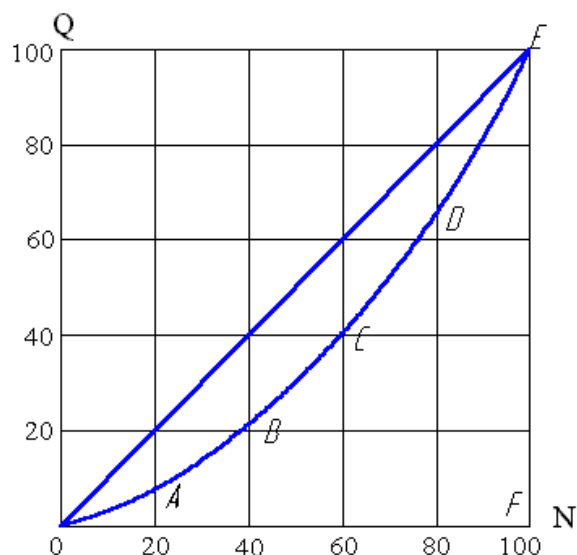


Рисунок 2. Определение коэффициента Джини

Для определения коэффициента Джини (G) следует разделить площадь S_1 между отрезком OE и кривой Лоренца на площадь S_2 треугольника OFE :

$$G = S_1 / S_2,$$

где $SN = \frac{OF \cdot EF}{2} = \frac{100 \cdot 100}{2} = 5000$ – площадь треугольника OEF (рисунок 2),

эта величина является постоянной согласно определению коэффициента Джини по кривой Лоренца [3].

$$SQ = \sum_{i=1}^{30} SQ_i \text{ – площадь фигуры } OABCDEF;$$

$$SQ_i = \sum_{i=1}^{30} \frac{(x_{i+1} - x_i) \cdot (Y_{i+1} + Y_i)}{2}, \quad x_i = N_i(\%), \quad Y_i = Q_i(\%)$$

Чем больше отклонение кривой Лоренца от линии OE , тем больше площадь S_1 , и, следовательно, тем больше коэффициент Джини будет приближаться к единице.

По предлагаемой методике были определены значения коэффициента Джини для заявок на патентование аппаратов магнитной обработки, поданных за период с 1987 по 2002 гг. по кварталам. Количество заявок, поданных в каждый квартал указанного временного отрезка, составило статистический ряд для последующего вычисления коэффициента Джини.

На рис. 3 показан результат расчета для общего числа поданных заявок на

патентование аппаратов магнитной обработки, а также для заявок на аппараты на основе постоянных и электромагнитов.

Как видно из рисунка, интерес исследователей к разработке и применению аппаратов магнитной обработки жидкостей в нефтегазодобыче стабилен, что характеризуется низким значением коэффициента Джини ($G_n=0.281$). Таким образом, данное направление можно считать перспективным и стабильно развивающимся.

Сравнительный анализ результатов, полученных для аппаратов на основе постоянных магнитов и электромагнитов, позволяет сделать вывод, что разработка аппаратов на основе постоянных магнитов ($G_n=0.352$) представляет для изобретателей больший интерес, нежели разработка аппаратов на основе электромагнитов ($G_n=0.503$). Это можно объяснить тем, что в последнее десятилетие разработаны новые материалы для изготовления постоянных магнитов, обладающие лучшими магнитными свойствами и более низкой стоимостью, что делает аппараты на их основе более эффективными и недорогими по сравнению с электромагнитами.

На рисунке 4 показан результат расчета коэффициента Джини для изменения количества подачи заявок на патентование аппаратов скважинного и наземного исполнения.

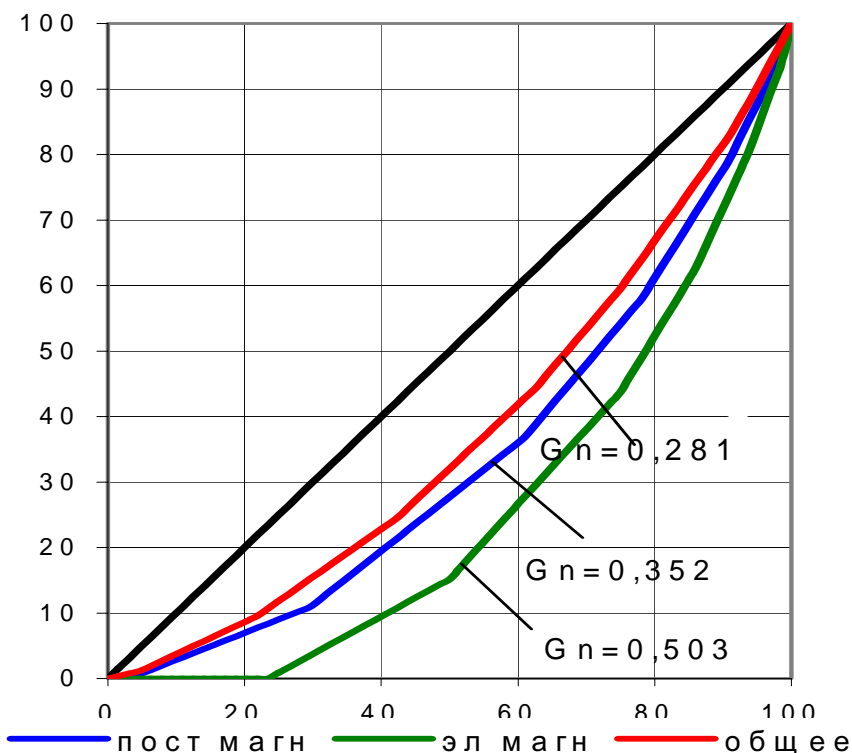


Рисунок 3. Определение коэффициента Джини для заявок на аппараты магнитной обработки и на аппараты на основе постоянных и электромагнитов

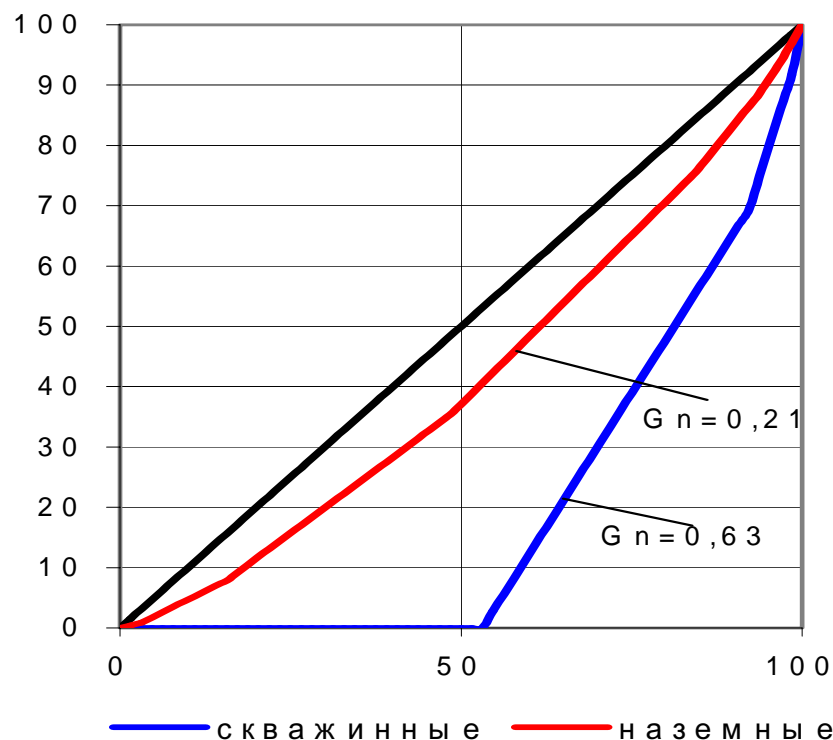


Рисунок 4. Определение коэффициента Джини для заявок на аппараты магнитной обработки скважинного и наземного исполнения

Сравнивая результаты, полученные при определении коэффициента Джини, можно сделать вывод, что аппараты наземного исполнения ($G_n=0.21$) значительно более интересны изобретателям, нежели аппараты скважинного исполнения ($G_n=0.63$).

Таким образом, на основании проведенных расчетов, выявлено наиболее перспективное направление совершенствования аппаратов магнитной обработки жидкостей в нефтедобыче – аппарат наземного типа с магнитной системой на основе постоянных магнитов.

Литература

- 1 Кармалита В.А. Цифровая обработка случайных колебаний. – М.: Машиностроение, 1986. – 80 с.
- 2 Имаева Э.Ш. Вибронагруженность глубинного бурового оборудования при случайных колебаниях. Автореферат дис...канд. техн. наук. – Уфа: 2003 г.
- 3 Макконелл Кэмпбелл Р., Брю Стэнли Л. Экономикс: Принципы, проблемы и политика: Пер. с англ. – М.: Республика, 1993. – 400 с.