

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ МНОГОФАЗНОГО ПОТОКА В НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЕ

Н.Н. Литовник¹⁾, Л.А. Горovenko²⁾

1) студент Армавирского механико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г.Армавир, Россия, litovniknadia@mail.ru.

2) к.т.н., доцент Армавирского механико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Армавир, Россия, lgorovenko@mail.ru

Аннотация: в данной статье рассматривались методы прогнозирования многофазного потока с помощью корреляционного метода. Дана оценка эффективности методов, подведены итоги и выбраны наилучшие методы.

Ключевые слова: корреляция, корреляционный метод, нефтяные и газовые скважины, многофазный поток.

THE CORRELATION METHOD FOR PROCESSES OF MULTI-PHASE FLOW CALCULATION IN OIL WELL

N.N. Litovnik¹⁾, L.A. Gorovenko²⁾

1) the student Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, city of Armavir, Russia, litovniknadia@mail.ru.

2) Ph. D., associate Professor, Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of Federal State Budgetary Institution of Higher Education “Kuban State Technological University”, city of Armavir, Russia, lgorovenko@mail.ru.

Abstract: methods for predicting a multi-phase flow by means of a correlation method are considered in the article. The evaluation of the effectiveness of methods is given, the results are summed up and the best methods are chosen.

Keywords: correlation, correlation method, oil and gas wells, multi-phase flow.

Корреляция или корреляционная зависимость-связь двух или более величин. При этом изменение одной из величин означает изменение других.

Корреляция многофазного потока-прогнозирование изменений градиента давления, газожидкостных потоков, гидродинамических параметров.

Для большинства задач, связанных с оцениванием потенциала и оптимизацией продуктивности нефтяных и газовых скважин необходимо брать во внимание значение многофазного потока в обсадной колонне, затрубном пространстве, насосно - компрессорных трубах. К подобным задачам причисляют:

- расчет забойного давления скважины;
- дизайн системы механизированной добычи;
- оптимизация конструкции скважины с целью извлечения ожидаемых уровней углеводородов и т. д.

Для правильности расчетов в системах труб нефтяных и газовых скважин требуется навык прогнозирования поведения газожидкостных потоков в скважинах. На данный момент имеются общепризнанные методы расчета многофазного потока в стволе скважины. Какие-то методы являются общими и применяются практически во всех случаях, какие-то используются в более узком диапазоне. Некоторые из них используются для моделирования процессов, происходящих в скважине, некоторые применяются на эмпирическом уровне. Очень важно, чтобы исследователь, занимающийся данными расчетами, имел понятие о границах и областях применения выбранного метода. Разработка методов прогнозирования - сложный процесс, характеризующийся обширным разбросом параметров. Например, методы, используемые для газожидкостных скважин, не подходят для нефтяных скважин. Проведённый нами анализ имеющихся общепризнанных методов расчета градиента давления в скважинах позволил выработать рекомендации по области их применения. В качестве наиболее приемлемых методов корреляционного анализа процессов многофазного потока в нефтяной скважине нами были выбраны следующие методы: метод расчёта, метод «Hagedorn and Brown», метод Gray и метод Beggs&Brill.

При использовании метода расчета в начале исследования многофазный поток рассматривается как однородная смесь газа и жидкости, что не учитывает факт того, что фаза газа быстрее фазы жидкости. Данный метод не принимает во внимание эффект проскальзывания, что занижает перепад давления. С целью улучшения метода без учета эффекта проскальзывания предложены эмпирические

корреляции с учетом эффекта проскальзывания. Эмпирические корреляции разделены на три категории:

- категория «А». Многофазный поток исследуется здесь без обращения внимания на режим потока и эффект проскальзывания;
- категория «В». Рассматривает эффект проскальзывания и не рассматривает режимы потока. Для всех режимов используются одни и те же корреляции большого содержания жидкости и коэффициента трения;
- категория «С». Берет во внимание эффект проскальзывания и режимы потока.

Методы категории «А» сейчас не применяется для прогнозирования градиента многофазного потока в скважинах.

В категории «В» часто используемым стоит считать только методы «**Hagedorn and Brown**», который был разработан для самых разнообразных условий вертикального многофазного потока и метод **Gray** разработанный для вертикальных газовых скважин.

Методы категории «С» различны тем, что предсказывают те или иные режимы потока. К данной категории относится метод **Beggs&Brill** - первый метод, который учитывает угол наклона скважины.

Сравнение корреляций и моделей основано на следующих статистических параметрах:

$$E_1 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_{ri} \right) \times 100, \quad \text{где} \quad e_{ri} = \frac{\Delta p_{i\text{calc}} - \Delta p_{i\text{meas}}}{\Delta p_{i\text{meas}}}.$$

$$E_2 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_{ri}| \right) \times 100.$$

$$E_3 = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(e_{ri} - E_1)^2}{n-1}}.$$

$$E_4 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i \right), \quad \text{где} \quad e_i = \Delta p_{i\text{calc}} - \Delta p_{i\text{meas}},$$

$$E_5 = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \right),$$

$$E_6 = \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{(e_i - E_4)^2}{n-1}}$$

Здесь $\Delta p_{i\text{calc}}$, $\Delta p_{i\text{meas}}$ - рассчитанный и замеренный перепады давления соответственно.

Оценка эффективности методов произведена путем сравнения статистических параметров. При оценке используется относительная эффективность, которая определяется следующим образом:

$$F_{rp} = \frac{|E_1| - |E_{1\min}|}{|E_{1\max}| - |E_{1\min}|} + \frac{E_2 - E_{2\min}}{E_{2\max} - E_{2\min}} + \frac{E_3 - E_{3\min}}{E_{3\max} - E_{3\min}} + \\ + \frac{|E_4| - |E_{4\min}|}{|E_{4\max}| - |E_{4\min}|} + \frac{E_5 - E_{5\min}}{E_{5\max} - E_{5\min}} + \frac{E_6 - E_{6\min}}{E_{6\max} - E_{6\min}}$$

F_{rp} варьируются в пределах от 0 до 6, причём 0 означает лучшую, а 6 - худшую эффективность, соответственно.

Получены следующие выводы:

Не смотря на то, что продолжается разработка новых механических моделей, нет метода определяющего точный прогноз забойного давления на всех месторождениях.

Хорошие результаты на нефтяных скважинах получают при использовании традиционных методов, но в газовых скважинах результат оказывается плохим.

Сравнение методов расчета градиента давления для расчета падения давления в скважине сложная задача, стоит применять только верные данные. Если возможность сравнить действительные размеры отсутствует, то при выборе метода стоит пользоваться табличными значениями.

Список использованных источников:

1. Горovenko Л.А., Павленко М.В. Применение метода анализа иерархий в современных системах поддержки принятия решений // Сборник докладов, отмеченных наградами XXI научной конференции студентов и аспирантов АМТИ, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне. Армавир: ООО «Редакция газеты «Армавирский собеседник», подразделение Армавирская типография», 2015. – С. 92 – 95.

2. Горovenko Л.А., Манин М.П. Применение математического аппарата методов оптимизации в задачах моделирования электросбережения // Сборник докладов, отмеченных наградами XXI научной конференции студентов и аспирантов АМТИ, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне. Армавир: ООО «Редакция

газеты «Армавирский собеседник», подразделение Армавирская типография», 2015. – С. 88 – 92.

3. Горовенко Л.А., Иванов А.А. Транспортная задача и её приложения в электроэнергетике // Сборник докладов победителей и лауреатов XXII студенческой научной конференции АМТИ. Армавир: ООО «Редакция газеты «Армавирский собеседник», подразделение Армавирская типография», 2016. – С.84–87.

4. Горовенко Л.А. Математические методы компьютерного моделирования физических процессов: учебное пособие / Л. А. Горовенко. – Армавир: РИО АГПУ, 2016. – 104 с.

5. Горовенко Л.А., Коврига Е.В. Теория и практика компьютерного моделирования физических процессов: учебное пособие / Л. А. Горовенко. – Армавир: РИО АГПУ, 2017. – 132 с.

6. Горовенко Л.А. Математические методы компьютерного моделирования физических процессов// Международный журнал экспериментального образования. Пенза: ИД «Академия естествознания», 2017. – №2. – с. 92–93.