

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ НОРМИРОВКИ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ НА
РЕЗУЛЬТАТ АВТОАДАПТАЦИИ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

Еремян Г.А.

Научный руководитель - доцент В.С. Рукавишников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В работе изучается один из аспектов задания целевой функции (ЦФ) для автоадаптации геолого-гидродинамических моделей, а именно способ нормировки невязок. Для проведения адаптации необходимо задание ЦФ, которая описывает невязку расчета с историей и служит ориентиром для алгоритма оптимизации в поиске решений. Проблематика выбора ЦФ для автоадаптации изучалась рядом исследователей [6-9]. Целью данной работы является изучение влияния способа нормировки на результаты адаптации на примере синтетической модели залежи SRM-6. Результаты данного исследования помогли понять, какой способ нормировки ЦФ более эффективен при адаптации и почему.

ЦФ в форме среднеквадратического отклонения выглядит следующим образом:

$$GOF = \sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^n w_i w_q \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n w_k \left(\frac{S_{q,i,k} - O_{q,i,k}}{norm} \right)^2}{\sum_{k=1}^n w_k}}, \quad (1)$$

где GOF – глобальная ЦФ, S – расчетное значение и O – историческое значение для компонента q идентификатора (объекта) i на временном шаге k , w – весовые коэффициенты, n – число шагов, $norm$ – способ нормировки, выраженный историческим значением (O) либо погрешностью измерения величины (σ).

Алгоритм расчета ЦФ включает в себя нормировку невязок. Основными способами нормировки являются нормировка на погрешность измерения или на историческое значение. На рисунке 1 представлены графики аналитического расчета невязок с разными способами нормировки. В верхней части рисунка динамика показателей разработки месторождения, сплошными линиями показаны расчетные значения, точками исторические. Красными кругами обведены невязки по дебиту нефти и дебиту воды в начале и конце разработки.

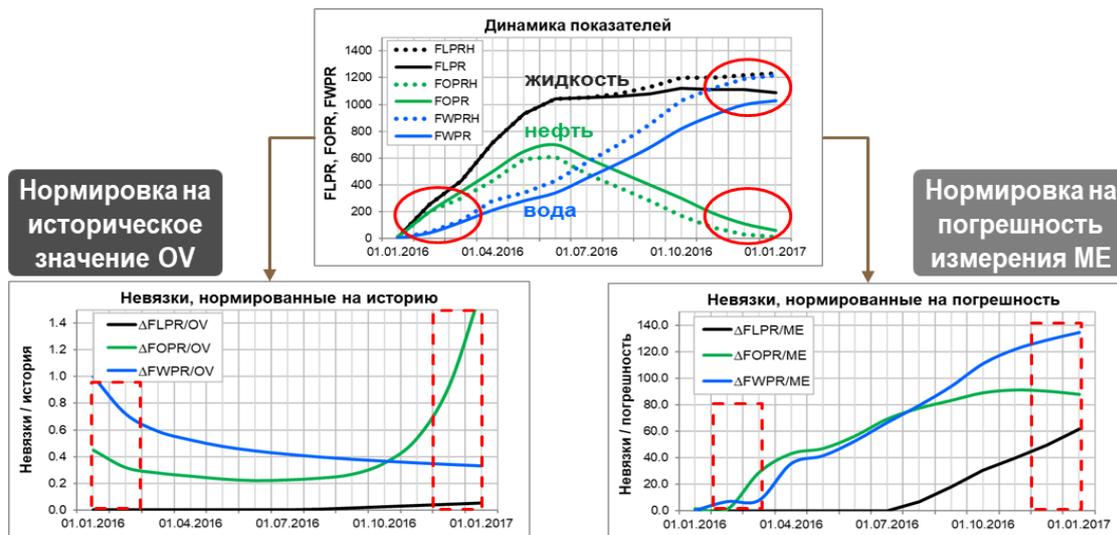


Рис. 1 Способы нормировки целевой функции

Погрешности измерений характеризуют расхождение в абсолютных величинах. Для разных типов данных погрешности разные, зависят от типов приборов и принципа измерения. Важным преимуществом является возможность задавать уровень погрешности для компонент ЦФ.

Нормировка на историческое значение вносит вклад в ЦФ пропорционально относительному расхождению расчета от измерения. Простота в том, что не требуется задавать погрешности измерений. Удобство в том, что разнородные компоненты ЦФ одинаково описываются одним видом расхождения. Однако, при нормировке на малые значения вклад нормированной невязки в ЦФ может быть необоснованно большим. Данный эффект выделен красными прямоугольниками на рисунке 1.

Для проверки аналитических умозаключений проведены вычислительные эксперименты на построенной синтетической модели SRM-6. В скважине P2 имитируется заколонный переток, выраженный в резком снижении дебита нефти на 3 месяца, который потом восстанавливается после ремонтных работ. Сравнение результатов адаптации с нормировкой на исторические значения и нормировкой на погрешности измерений (по умолчанию 1) показаны на рисунке 2. Из одного и того же набора моделей первого приближения (исходная популяция) получены совершенно разные результаты адаптации. В связи с вышеперечисленным рекомендуется использовать нормировку на погрешности измерения. Кроме того, данное выражение ЦФ успешно использовано в ряде публикаций [5, 10, 11].

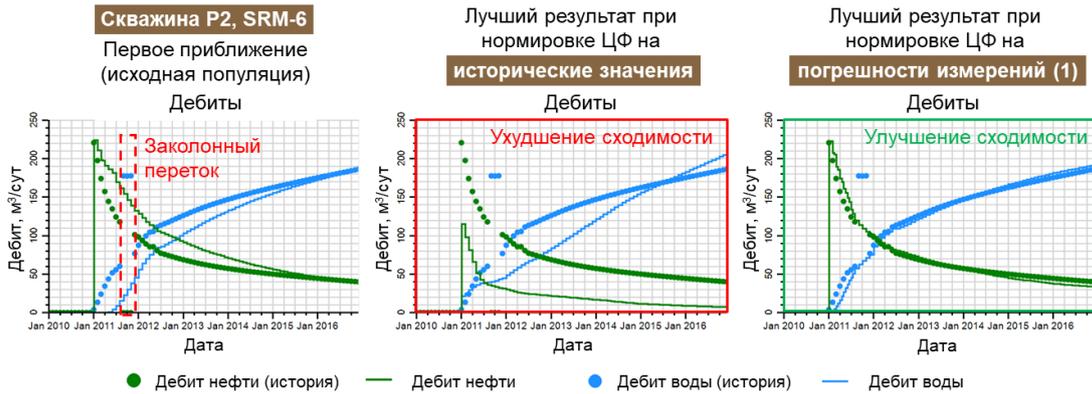


Рис. 2 Результаты адаптации скважины P2 при разных нормировках целевой функции

Как показали результаты численных экспериментов, при нормировке ЦФ на исторические значения адаптация модели может стать невозможной. Происходит это при делении расчетного значения на существенно меньшее историческое значение.

Таким образом, рекомендуется задавать погрешности измерения для компонент ЦФ на основе физического и инженерного понимания, что позволит автоадаптации быть обоснованной не только с математической точки зрения. Представленные результаты являются частью исследования по разработке методики выбора оптимальной целевой функции для автоадаптации, различные аспекты которой опубликованы в статьях [1-4].

Работа выполнена при поддержке ООО «Газпромнефть-НТЦ».

Литература

1. Еремян Г.А. Влияние способов взвешивания целевой функции на эффективность автоадаптации численной модели месторождения углеводородов // Нефтепромысловое дело. – 2021. – №1. – С. 33 – 40.
2. Еремян Г.А. Методика выбора оптимальной целевой функции для автоадаптации геолого-гидродинамической модели // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2021. – №1. С. 30-38.
3. Еремян Г.А., Рукавишников В.С. Выбор математического выражения и компонентного состава целевой функции для автоматизированной адаптации геолого-гидродинамических моделей // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2021. – №1. – С. 55–61.
4. Еремян Г.А., Рукавишников В.С. Критерии качества автоматизированной адаптации геолого-гидродинамической модели месторождения углеводородов // Экспозиция Нефть Газ. – 2020. – № 6. – С. 76 – 79.
5. Шишаев Г.Ю., Матвеев И.В., Еремян Г.А., Демьянов В.В., Кайгородов С.В. Геологически обоснованная автоматизированная адаптация гидродинамических моделей на примере реального месторождения // Нефтяное хозяйство. – 2020. – №6. – С.58 – 61.
6. Bertolini A.C., Schiozer J.D. Influence of the objective function in the history matching process // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2011. V. 78. Issue 1. P.32 – 41.
7. Rwechungura R.W. [et al.] Advanced History Matching Techniques Reviewed // SPE-142497-MS. 2011.
8. Booth R. [et al.] Design of Objective Function for Interference Well Testing // OTC-24513-MS. 2013.
9. Shahkarami A. [et al.] Artificial Intelligence (AI) Assisted History Matching // SPE-169507-MS. 2014.
10. Eremyan G., Matveev I., Shishaev G., Rukavishnikov V., Demyanov V. How does the definition of the objective function influence the outcome of history matching? // Conference Proceedings, ECMOR XVII, Sep 2020, Volume 2020, p.1 – 14.
11. Matveev I., Shishaev G., Eremyan G., Konoshonkin D., Demyanov V., Kaygorodov S. Geology realism control in automated history matching // Conference Proceedings, ECMOR XVII, Sep 2020, Volume 2020, p.1 – 9.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА ОПЗ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН КАК МЕТОДА БОРЬБЫ ПРОТИВ ГАЛИТООТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ ТЕРРИГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Ермеков Р.И., Поляков С.В., Непомнящих В.М.

Научный руководитель - профессор О.С. Чернова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

ООО Иркутская нефтяная компания, г. Иркутск, Россия

В настоящий момент времени нефтегазовый комплекс России продолжает своё успешное развитие. Во многом высокий уровень добычи углеводородов за последние годы связан с вводом в промышленную эксплуатацию месторождений нефти и газа Восточной Сибири. Считается, что в будущем данная тенденция будет возрастать по результатам успешности геологоразведочных работ на севере Сибирской платформы и постепенного истощения запасов месторождений Западной Сибири [1, 5]. С геологической точки зрения, залежи нефти и газа рассматриваемого региона имеют ощутимые отличия по сравнению с месторождениями других нефтегазоносных провинций России. В большинстве это связано с геологической историей развития региона [3]. Особенно можно выделить, что в геологическом строении принимают участие породы архей-протерозоя, палеозоя и кайнозоя (с отсутствием