

УДК 622.131.3

ОСОБЕННОСТИ ОДНОМЕРНОГО ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПО ДАННЫМ МЕТАНОУГОЛЬНЫХ СКВАЖИН

Киреев П.А., студент гр. ФПс-151, V курс

Научный руководитель: Хямяляйнен В.А., д.т.н., проф., зав. кафедрой
теоретической и геотехнической механики

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

Известно, что Кузбасс славится своими богатыми запасами угля и является главным источником его добычи в стране. У углей есть одна очень важная особенность, они являются метаносодержащими. Именно по этой причине, относительно недавно в Кемеровской области зародилась новая отрасль добычной промышленности – добыча газа метана из угольных пластов. ООО «Газпром добыча Кузнецк» реализуется данный инновационный проект на Талдинском и Нарыкско-Осташкинском месторождениях, а также перспективной Тутуянской площади. Главной задачей предприятия на краткосрочную перспективу является успешное строительство демонстрационных горизонтальных многозабойных скважин с применением опробованных технологий строительства, заканчивания и освоения [1].

При бурении происходит замещение выработанной породы на струю бурового раствора. Буровой раствор, в отличие от замещаемой породы, не может противостоять сдвиговым напряжениям. Помимо этого, при бурении происходит перераспределение напряжений, пик которых оказывается на стенке скважины. При возрастании напряжений окружающая порода может деформироваться, образуя вывалы и трещины. Неустойчивость пород вокруг ствола скважины, может вызвать следующие неблагоприятные ситуации: прихват бурильного инструмента, уход от траектории бурения, обвалы, повреждения обсадной колонны, потери долота и бурильных труб [2].

Именно поэтому, при извлечении любого углеводорода, важную роль играет геомеханическое состояние горного массива. Зная его, мы можем определить, насколько устойчивы стенки ствола скважины. Это делается для предупреждения неблагоприятных ситуаций. Помимо этого, метанугольные скважины в большинстве своем требуют увеличения притока флюида к скважине, для чего чаще всего используют метод гидроразрыва пласта (ГРП), данный метод напрямую связан с полем напряжений в массиве, так как при использовании этого метода нам необходимо знать: потенциальные интервалы проведения, изменения размеров трещин и их направление образования. Также известно, что пористость и проницаемость обратно пропорционально зависит от действующих напряжений в массиве [3, 4, 5]. Кроме того, изучение

геомеханического состояния массива может помочь при выборе конструкций горизонтальных скважин [6].

Геомеханическое состояние массива в мировой практике определяется путем геомеханического моделирования на основе данных геофизических (ГИС) и гидродинамических (ГДИС) исследований скважин. В свою очередь, геомеханические модели бывают: одномерными (1D), двухмерными (2D), трёхмерными (3D) и четырёхмерными (4D). Наиболее информативной и часто используемой из них является 1D геомеханическая модель, которая в отличие от других, строится на основе реальных данных и не требует применения специализированного программного обеспечения [7].

Что касается компонент 1D геомеханической модели, в работе [7] представлена методика их определения как раз для метаноугольных скважин. Рассмотрим данные составляющие.

Первая компонента, геостатическое напряжение – это напряжение, оказываемое на пласт весом вышележащей толщи горных пород, величина которого зависит от мощности и плотности данных пород и определяется по формуле (1):

$$\sigma_v = g \sum_{i=1}^{i=n} \rho_i h_i, \quad (1)$$

где σ_v – геостатическое напряжение, Па; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ_i – плотность i -го пласта, кг/м³; h_i – мощность i -го пласта, м.

Пластовое давление – это давление в пласте-коллекторе. В большинстве случаев метаноугольных месторождений, пластовое давление равно гидростатическому, формула для определения которого имеет следующий вид (2):

$$P_{nl} = \rho g H, \quad (2)$$

где ρ – плотность по данным плотностного каротажа, кг/м³; g – ускорение свободного падения 9,81, м/с²; H – глубина, м.

Минимальное и максимальное горизонтальные напряжения являются очень важными элементами в построении геомеханической модели. Обеспечение устойчивости скважин при бурении напрямую зависит от данных напряжений. Например: в процессе бурения вес бурового раствора должен быть меньше минимального горизонтального напряжения (во избежание незапланированного ГРП и потери циркуляции), но больше порового давления и минимального веса раствора (во избежание чрезмерного разрушения скважины) [2]. Горизонтальные напряжения определяются по формулам (3) и (4):

$$\sigma_h = \frac{\nu}{1-\nu} (\sigma_v - \alpha P_{nl}) + \alpha P_{nl} + \frac{E_{st}}{1-\nu^2} \cdot \varepsilon_h + \frac{\nu E_{st}}{1-\nu^2} \cdot \varepsilon_H, \quad (3)$$

$$\sigma_H = \frac{\nu}{1-\nu} (\sigma_v - \alpha P) + \alpha P + \frac{E_{st}}{1-\nu^2} \cdot \varepsilon_H + \frac{\nu E_{st}}{1-\nu^2} \cdot \varepsilon_h, \quad (4)$$

где σ_h – минимальное горизонтальное напряжение, Па; σ_H – максимальное горизонтальное напряжение, Па; ν – коэффициент Пуассона; σ_v – геостатическое напряжение, Па; α – коэффициент пороупругости Био; P_{nl} – пластовое давление, Па; σ_t – тектоническое напряжение min, Па; E_{st} – статический модуль Юнга, Па; ε_h – коэффициент min линейной деформации; ε_H – коэффициент max линейной деформации.

Как уже было сказано, исходные данные для построения 1D геомеханической модели скважины – это данные ГИС и ГДИС. Широко распространённым электронным форматом для таких данных является формат *.LAS. В файлах данного формата может содержаться большой объём данных, обработка которых вручную при подготовке модели может занять много времени и, очевидно, потребует применения программного обеспечения. Учитывая высокую стоимость специализированных программ для 1D геомеханического моделирования (Techlog, Эiler 1D, Геомеханика, PIC-GeoMech, MLGeomechanics и др.), в дальнейшем предлагается разработка собственной программы для автоматизации построения 1D геомеханических моделей метанугольных скважин.

Список литературы:

1. ООО «Газпром добыча Кузнецк» история и перспективы проекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kuznetsk-dobycha.gazprom.ru/about/history/>, свободный – (15.03.2020).
2. Информационный отчет по теме: современное состояние нефтегазовой геомеханики / А.В. Мясников. – М.: ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» Москва 2013.
3. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений / Н.В. Ножкин. – М.: Недра, 1979. – 271 с.
4. Шевцов А.Г. Роль геомеханического моделирования массива горных пород при добыче метана из угольных пластов [Электронный ресурс] / А.Г. Шевцов, М.А. Баёв, В.А. Хмяляйнен // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016. Материалы XVI Международной научно-практической конференции, 23-24 ноября 2016 г., Кемерово / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева»; редкол.: А.А. Хорешок (отв. редактор), В.А. Колмаков, С.Г. Костюк (зам. отв. редактора) [и др.]. – Кемерово, 2016.
5. Шевцов А.Г. Анализ критериев применимости горизонтальных скважин для добычи метана из угольных пластов [Электронный ресурс] / А.Г. Шевцов // Сборник материалов XI Всерос. научно-практической конференции с международным участием «Россия молодая», 16-19 апр. 2019 г., Кемерово / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева»; редкол.: С.Г. Костюк (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово, 2019.
6. Шевцов А.Г. Подготовка одномерных геомеханических моделей метанугольных месторождений по данным исследований в структурных и разведочных скважинах / А.Г. Шевцов // Наука и техника в газовой промышленности. – 2018. – № 4. – С. 17–21.