АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ ФЛЮИДАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ

ANALYSIS OF EXISTING METHODS FOR DEVELOPING FLUID MODELS OF HYDROCARBON SYSTEMS

УДК 622

Ахмеров Владислав Олегович, магистрант, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Akhmerov V.O. vo_akhmerov@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются существующие методы разработки флюидальных моделей углеводородных систем, применяемых в гидродинамическом моделировании. Применение уравнения состояния при расчетах на гидродинамических симуляторах позволяет описать неизотермические процессы притока пластового флюида к добывающей скважине.

Несмотря на возрастающее количество теоретических подходов, необходимы усовершенствованные подходы к решению обозначенной проблемы, которые бы сочетали оптимальный объем результатов исследований.

Annotation

The article discusses the existing methods for developing fluid models of hydrocarbon systems used in hydrodynamic modeling. The use of the equation of state in calculations on hydrodynamic simulators allows us to describe the non-isothermal processes of the flow of reservoir fluid to the producing well.

Despite the increasing number of theoretical approaches, there is a need for improved approaches to solving this problem, which would combine the optimal amount of research results.

Ключевые слова: модель флюида, углеводородные системы, компазиционные модели, кубические уравнения, вириальные уравнения.

Keywords: fluid model, hydrocarbon systems, compassion models, cubic equations, virial equations.

В настоящее время при выполнении проектирования и анализа разработки месторождений природных многокомпонентных пластовых флюидов широкое развитие и применение получили так называемые композиционные модели. Данные модели позволяют определить изменение давления, состава и свойств пластовых флюидов при использовании фактического расположения сетки добывающих и нагнетательных скважин в неоднородных по коллекторским свойствам залежах.

В композиционной модели фазовое состояние и поведение пластовых флюидов определяется не на основании корреляций, которые были получены по результатам экспериментальных исследований, а с использованием уравнения состояния. Применение уравнения состояния при расчетах на гидродинамических симуляторах позволяет описать неизотермические процессы притока пластового флюида к добывающей скважине, а также изменение его состава и свойств при движении к земной поверхности, подготовке добываемой углеводородной продукции и транспортировке сырья в трубопроводах.

Главным образом, уравнение состояния, предложенное Ван-дер-Ваальсом, являлось в свое время основанием для создания и развития теории термодинамического подобия. Используя данное теоретически обоснованное уравнение состояния, в течение всего прошедшего времени многие исследователи, из которых наиболее известные Пенг, Робинсон, Редлих, Квонг, Соаве и т.д., предложили разработанные собственные уравнения состояния или

модифицировали уравнения, предложенные ранее [1, 2, 3]. Основной целью научных поисков в области уравнений состояния всегда являлось достижение более точного количественного описания фазового поведения и термодинамических свойств веществ и их смесей.

Опыт и анализ применимости того или иного уравнения состояния для чистых веществ, а также бинарных, тройных и многокомпонентных углеводородных систем в свое время был выполнен, как зарубежными авторами (Firoozabadi A , Joffe G , Katz D.L , West E.H., Уэйлес С. и др.), так и отечественными авторами Гуревичем Г.Р., Брусиловским А.И., Ширковским А.И. и др.

Касательно применения уравнений к многокомпонентным углеводородным системам, в данных научных работах была установлена характерная особенность. Используемые в современных продуктах по гидродинамическому моделированию кубические уравнения состояния, такие как уравнение Пенга-Робинсона и Соаве-Редлиха-Квонга, помимо неадекватной оценки свойств пластовых флюидов при высоких давлениях, не могут также с достаточной точностью определить свойства флюидов при низких давлениях.

Кроме этого, практические расчеты по классическим кубическим уравнениям состояния показали, что наиболее точное уравнение состояния, описывающее свойства смесей в широком диапазоне термобарических условий, должно быть минимум 3-х параметрическим. Классические уравнения состояния являются 2-х параметрическими, и в этом случае величина критического коэффициента сверхсжимаемости Z_C является постоянной для всех компонентов. На самом же деле параметр Z_C является переменным и имеет конкретную величину для каждого компонента в системе. Именно поэтому следует использовать уравнение состояния с набором коэффициентов не менее 3-х, так как в этом случае Z_C является изменяемым параметром, зависящим от коэффициентов выбранного уравнения состояния.

Одним из таких уравнений было предложено А.И. Брусиловским, кубическое уравнение состояния обобщенного вида. Данное уравнение имеет 4

коэффициента и позволяет с достаточно высокой точностью описывать свойства пластовых смесей в широком диапазоне давлений. Однако, в распространенные программные продукты по созданию PVT-модели флюида и композиционному гидродинамическому моделированию данное уравнение не входит.

При применении кубических уравнений состояния для расчета парожидкостного равновесия углеводородных смесей нужно также учитывать, что такие системы являются многокомпонентными и коэффициенты уравнения состояния в данном случае определяются свойствами компонентов, образующих смесь, и долей каждого из них в смеси. В связи с этим важным моментом является то, по каким правилам вычисляются эти самые коэффициенты. Состав природных углеводородных смесей очень разнообразен и при наличии, например, полярных компонентов классические правила смешения уже не работают.

Таким образом, для расчета фазового поведения многокомпонентных углеводородных систем применение подхода, основанного на уравнениях состояния, помимо несомненных преимуществ, связанных с простотой использования и достаточными результатами расчета, имеет ряд недостатков. Одним из недостатков является отсутствие единого метода по созданию PVT-модели, а также отсутствие универсального уравнения состояния и правила смешения, которые могли бы использоваться для всех многокомпонентных углеводородных систем при различных термобарических условиях. Особенно это касается расчета фазового поведения и моделирования пластовых флюидов, являющихся так называемыми "летучими" нефтями, и систем, находящихся при высоких термобарических условиях и околокритическом состоянии [4,5,6].

Необходимо отметить, что достоверность и точность результатов расчета на модели флюида с использованием уравнения состояния зависит не только от количества и качества исходной информации о составе и свойствах флюида, но и от фактических результатов фазового поведения, определенных на промысле или в лаборатории. В связи с этим, производится адаптация параметров и

характеристик компонентов флюида и, следственно, коэффициентов уравнения состояния, на фактические данные.

Поэтому, в частности при создании модели пластового флюида и планировании разработки газоконденсатных месторождений, большое внимание уделяется свойствам, составу и поведению газоконденсатной смеси при различных термобарических условиях.

Витсоном, МакКейном, Ридом и др. изложены методы и способы расчета наиболее важных физико-химических свойств газов и жидкостей, параметров фазового равновесия, а также представлены табличные данные для более известных углеводородных и неуглеводородных компонентов любой смеси.

В работах ряда авторов таких, как Степанова Г.С. [7], Гриценко А.И. и Островская Т.Д. [8], Гуревич Г.Р. [9], Долгушин Н.В. [10], Мискевич В.Е. [11] и т.д., были описаны методы и результаты исследования и расчета фазовых превращений реальных углеводородных систем газоконденсатного типа, рассмотрены свойства бинарных, тройных и многокомпонентных углеводородных смесей и особенности их фазовых превращений, а также приведены примеры расчета фазового поведения и результаты, полученные для различных газоконденсатных месторождений.

В итоге, наличие универсального и достоверного уравнения состояния не обозначает, что будет снижаться необходимость в проведении экспериментальных исследований. Установлено, что именно комплексное использование результатов экспериментальных исследований в совокупности с реализацией математического моделирования позволяют определить необходимую и надежную информацию о составе и свойствах пластовых флюидов в широком интервале изменений термобарических условий.

Однако, несмотря на возрастающее количество теоретических подходов, не в каждом случае обеспечивается достаточное соответствие реально происходящим промысловым процессам. В свою очередь это может привести к снижению достоверности при оценке эффективности технологических схем разработки и обустройства месторождений. Таким образом, необходимы

усовершенствованные подходы к решению обозначенной проблемы, которые бы сочетали оптимальный объем результатов исследований, а также расчетные планы, основанные на закономерностях изменения состава и свойств газоконденсатных систем, выявленных в процессе анализа постоянно накапливаемых экспериментальных данных.

Литература

1. Abbott M.M. Cubic equations of state. - AIChE Journal. 1973. v.19. №3. 596-601pp.
2. Ahmed T. A practical equation of state // SPE Reservoir Engineering.1991. v.№1. (February). 137-146pp.
1. 3 Anderko A. Equation-of-state methods for the modeling of phase equilibria. - Fluid Phase Equilibria. 1990, v. 61, № 1-2, 145-225pp
2. 4.Брусиловский А.И. Моделирование термодинамических свойств нефтяных и газоконденсатных систем // Нефтяное хозяйство, 1997, №11, 43-47 стр. 131
3. 5.Moses P.L Engineering Applications of Phase Behavior of Crude Oil and Condensate Systems // JPT, July 1986, 715 - 723pp.
4. 6. Schulte A.M. Compositional variations within a hydrocarbon column due to gravity // paper SPE 9235 presented at the 1980 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, 21-24 September.
5. 7. Степанова Г.С. Фазовые превращения в месторождениях нефти и газа. -
6. М.: Недра. 1983. - 191 с.
7. Островская Т.Д. Прогноз содержания и состава конденсата, коэффициента конденсатоотдачи для залежей на севере Западной Сибири // Геология нефти
8. и газа. 1979- - №2. - с.33-37.
9. Гуревич Г.Р., Брусиловский А.И. Справочное пособие по расчету фазового состояния и свойств газоконденсатных смесей. М., Недра. 1984.- 264 с.

10. Исследование природных газоконденсатных систем: Методическое руководство / Долгушин Н.В., Корчажин Ю.М., Сагитова Д.З. М.: ВНИИгаз, 1994.- 257 с.
11. Мискевич В.Е. Влияние пористой среды на фазовые превращения газоконденсатных систем // Проблемы нефти и газа Тюмени. 1980. вып. 47. 47-51 стр

Literature

1. Abbott M.M. Cubic equations of state. - AIChE Journal. 1973. v. 19. No. 3. 596-601pp.
2. Ahmed T. A practical equation of state // SPE Reservoir Engineering.1991. v.№1. (February). 137-146pp.
3. Anderko A. Equation-of-state methods for the modeling of phase equilibrium. - Fluid Phase Equilibrium. 1990, v. 61, No. 1-2, 145-225pp
4. Brusilovsky A. I. Modeling of thermodynamic properties of oil and gas condensate systems / / Oil economy, 1997, No. 11, 43-47 p. 131
5. Moses P. L Engineering Applications of Phase Behavior of Crude Oil and Condensate Systems / / JPT, July 1986, 715-723pp.
6. Schulte A.M. Compositional variations within a hydrocarbon column due to gravity // paper SPE 9235 presented at the 1980 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, 21-24 September.
7. Stepanova G. S. Phase transformations in oil and gas fields. -M.: Nedra. 1983. - 191 p.
8. Ostrovskaya T. D. Forecast of the content and composition of condensate, the coefficient of condensate recovery for deposits in the north of Western Siberia. and gas. 1979 - - No. 2. - p. 33-37.
9. Gurevich G. R., Brusilovsky A. I. Reference manual on the calculation of the phase state and properties of gas-condensate mixtures. 1984. - 264 p.

10. Research of natural gas condensate systems: Methodological guidelines / Dolgushin N. V., Korchazhin Yu. M., Sagitova D. Z. M.: VNIIgaz, 1994. - 257 p.
11. Miskevich V. E. The influence of a porous medium on the phase transformations of gas-condensate systems. 1980. issue 47. 47-51 pages