

УДК 622.244.6

А.Ф. Соколов, к.т.н., начальник Лаборатории физического моделирования многофазных процессов Центра исследований нефтегазовых пластовых систем и технологического моделирования; **С.Г. Рассохин**, д.т.н., директор Центра исследований нефтегазовых пластовых систем и технологического моделирования; **В.М. Троицкий**, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории физического моделирования многофазных процессов Центра исследований нефтегазовых пластовых систем и технологического моделирования; **А.В. Мизин**, заместитель начальника Лаборатории физического моделирования многофазных процессов Центра исследований нефтегазовых пластовых систем и технологического моделирования; **В.П. Ваньков**, главный специалист Лаборатории физического моделирования многофазных процессов Центра исследований нефтегазовых пластовых систем и технологического моделирования, ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Термостатирование оборудования для проведения фильтрационных экспериментов при аномально низких пластовых температурах

Разработка нефтегазоконденсатных месторождений в восточных регионах России, характеризующихся аномально низкими пластовыми температурами, предполагает проведение комплекса экспериментальных исследований процессов многофазной фильтрации в пластовых системах с целью изучения гидродинамических параметров с использованием современного экспериментального оборудования.

Ключевые слова: моделирование пластовых процессов, аномально низкие пластовые температуры, термостатирование, Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение, многофазная многокомпонентная фильтрация, вытеснение флюидов.

Экспериментальные установки, предназначенные для физического моделирования пластовых процессов, позволяют проводить исследования в диапазоне температур от комнатной до 150 °С, поэтому проведение исследований для месторождений с аномально низкими пластовыми температурами без специального термостатирования невозможно. Нижний порог температуры, до которой необходимо охладить экспериментальное оборудование и флюиды, составляет 5 °С.

Кроме этого, исследования фильтрационно-емкостных свойств пород продуктивных коллекторов с большой проницаемостью и со слабосцементированными породами необходимо проводить на насыпных моделях пласта большой длины (1–5 м и более), поскольку при вытеснении жидких углеводородов растворителями образуется переходная зона из смеси углеводородов, которая

имеет значительные абсолютные размеры [1–5]. Для получения в экспериментах результатов, которые можно было бы переносить на пласт, длина стабилизированной зоны смеси должна превышать длину модели пласта.

Таким образом, задача термостатирования усложняется проведением исследований с использованием протяженных объектов в течение длительного времени и с достаточной точностью поддержания температуры на протяжении всего времени проведения эксперимента (от нескольких дней до нескольких месяцев).

Представленные на рынке промышленные термостаты не позволяют решить поставленную задачу из-за низкой эффективности охлаждения и поддержания заданного температурного режима объектов различной длины.

В результате в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» для автоматизированной системы трех-

фазной фильтрации TerraTek (интервал исследуемых температур от 20 до 150 °С) разработано нестандартное термостатическое оборудование [6], которое и было использовано при проведении исследований применительно для Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения.

На рисунке 1 показан общий вид оборудования, а на рисунке 2 приведена схема термостата со встроенной холодильной машиной и прикрепленными воздуховодными патрубками. Термостат состоит из камеры 1, выполненной в виде параллелепипеда из нержавеющей стали. Корпус камеры образован боковыми стенками с наружными и внутренними поверхностями (3, 2), между которыми расположен теплоизолирующий материал 4. На одной из теплоизолированных боковых стенок камеры 1 выполнено сквозное отверстие 5 для установки холодильной

машины 6 с требуемыми техническими характеристиками, которая крепится к указанной боковой стенке винтами 7. На двух боковых стенках, расположенных друг против друга и смежных с боковой стенкой, к которой прикреплена холодильная машина 6, расположены два воздуховодных патрубка 8 (рис. 2), закрепленных в сквозных отверстиях 9, которые выполнены в указанных противоположных боковых стенках корпуса камеры 1. Верхняя часть камеры 1 закрывается съемной крышкой 10 с теплоизолированными стенками, при этом указанная крышка 10 с помощью винтов 11 крепится к торцам боковых стенок корпуса камеры 1. Камера 1 располагается на раме 12, стойки 13 которой выполнены из уголков. На конце стоек 13 расположены колеса, причем два передних колеса 14 выполнены поворотными, а два задних колеса 15 – неповоротными, снабженными тормозами 16. Для массопереноса холодного воздуха, поступающего с агрегата холодильной машины 6 к узлам и блокам, которые необходимо охладить до заданной температуры, предусмотрен каналный вентилятор 17 определенной мощности (с регулируемыми оборотами), закрепленный в сквозном отверстии 9 на внутренней стенке поверхности 3 одной из двух противоположных боковых стенок камеры 1.

Разработанный термостат можно использовать как для охлаждения объектов, соразмерных с внутренней полостью камеры 1, помещаемых в камеру термостата, так и для охлаждения и поддержания температуры заданного режима объектов различной длины, помещаемых в специальный термопенал. Устройство в режиме использования термостата для охлаждения и поддержания температуры заданного режима охлаждения объектов различной длины функционирует следующим образом. Для термостатирования объекты помещаются в специальный термошкаф с воздуховодами (на рисунке не показаны). Соединение с воздуховодами термошкафа осуществляется с помощью патрубков 8, которые присоединяются к существующим воздуховодам экспериментальной установки. Холодильную

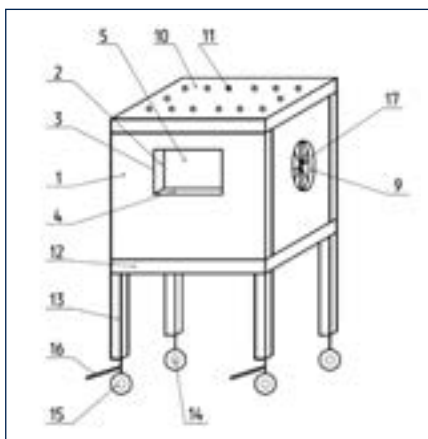


Рис. 1. Общий вид оборудования

машину 6 устанавливают в сквозном отверстии 5 одной из боковых стенок камеры 1 с теплоизолированными наружной 3 и внутренней 2 поверхностями и расположенным между ними теплоизолирующим материалом 4 и прикрепляют винтами 7 к указанной боковой стенке. Последняя является смежной с двумя параллельными боковыми стенками, в которых выполнены сквозные отверстия 9, в одном из которых размещен каналный вентилятор 17, крыльчатка которого прикреплена к внутренней поверхности 3 указанной боковой стенки, причем указанный каналный вентилятор 17 подключается в работу через автоматический выключатель.

При пуске холодильной машины 6 в работу подается напряжение на электронный регулятор температуры, датчик которого размещен внутри охлаждаемого объема. Одновременно включается каналный вентилятор 17. Температура в заданном охлаждаемом объеме устанавливается путем задания ее на дисплее регулятора температуры, при-

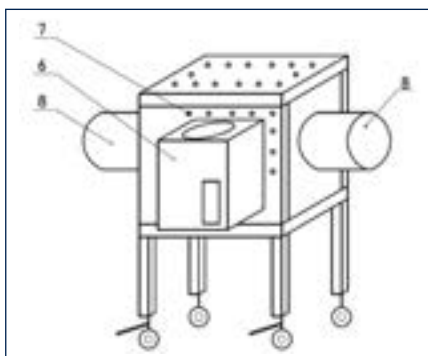


Рис. 2. Схема термостата со встроенной холодильной машиной

чем ее значение на первом этапе ниже заданной. С помощью регулятора температуры осуществляется автоматическое поддержание заданной температуры с точностью дифференциала в охлаждаемом объеме.

Холодный воздух от агрегата холодильной машины 6 поступает в камеру 1 термостата. Для равномерного охлаждения объекта воздух каналным вентилятором переносится в охлаждаемый объем и далее от объекта поступает на агрегат холодильной машины 6, охлаждается и вновь переносится к охлаждаемому объекту. Затем цикл повторяется в процессе установления и поддержания заданной температуры в течение необходимого времени.

В процессе снижения температуры в охлаждаемом объеме до заданной величины производится корректировка (регулировка) температуры с помощью кнопочной панели управления на корпусе холодильной машины. К охлаждаемым объектам закрепляются датчики температуры, показания которых выводятся на монитор компьютера с осуществлением записи изменения температуры во времени.

При использовании термостата в качестве автономного устройства для охлаждения и поддержания температуры заданного режима в нем патрубки 8 закрываются заглушками с теплоизолированными стенками. Для помещения в камеру 1 термостата охлаждаемого объекта откручивают крепежные винты 11, которыми крышка 10 крепится к торцам боковых стенок камеры 1, и снимают крышку 10. После помещения в камеру 1 охлаждаемого объекта крышку 10 устанавливают на место, а к охлаждаемому объекту закрепляют датчики температуры (на рисунке не показаны). Холодный воздух с агрегата холодильной машины 6 поступает в камеру 1 термостата. Равномерность охлаждения объекта осуществляется встроенным в холодильную машину 6 вентилятором. Канальный вентилятор 17 на этот период отключается. Управление процессом происходит аналогично, как в пункте 1. Показания датчиков температуры выводятся на монитор компьютера с осуществлением записи изменения температуры во времени.

Для создания и поддержания заданной температуры в экспериментальных установках при изучении пластовых процессов в пористых средах нефтегазоконденсатных месторождений с температурами ниже 20–25 °С преимущества данного устройства состоят в следующем:

- термостат технологичен в промышленном изготовлении;
- диапазон температур, при которых можно проводить фильтрационные исследования, – 5–23 °С;
- точность поддержания температуры в установившемся режиме составляет

± 0,2 °С (на основании результатов аттестации, проведенной лабораторией 442 ФБУ «Ростест-Москва», аттестат № АТ 0005579 от 09.12.2013 г.);

- возможность создания и поддержания температуры в охлаждаемом объеме в течение длительного времени. Использование термостата для проведения экспериментальных исследований применительно к нефтегазоконденсатным месторождениям с аномально низкими температурами позволяет:
- разрабатывать методики процессов многофазной и многокомпонентной фильтрации и вытеснения флюидов с

оценкой коэффициентов вытеснения, измерения фазовых проницаемостей по нефти, воде и газу в пористой среде при пластовых термобарических условиях и начальной водо- и нефтенасыщенности;

- оценить эффективность вытеснения нефти различными агентами;
- проводить исследования по определению степени влияния различных типов буровых растворов и жидкостей интенсификации притока на фильтрационно-емкостные свойства пород в термобарических условиях существования пласта.

Литература:

1. Розенберг М.Д., Кундин С.А. Многофазная многокомпонентная фильтрация при добыче нефти и газа. – М.: Недра, 1976. – 335 с.
2. Забродин П.И., Раковский Н.Л., Розенберг М.Д. Вытеснение нефти из пласта растворителями. – М.: Недра, 1968. – 224 с.
3. Глумов И.Ф. Нефтеотдача при вытеснении пластовой нефти водой при температурах ниже температуры выпадения парафина // Татарская нефть. – 1961. – № 11. – С. 11–13.
4. Гейман М.А., Фридман Р.А. Вытеснение ромашкинской нефти из несцементированных песков при низких температурах // Труды Института нефти. – Т. 11. – Нефтепромысловое дело, 1958. – С. 193–208.
5. Ковалев А.Г., Лютин Л.В., Перевалов В.Г. Вопросы заводнения месторождений парафинистых нефтей // Нефтяное хозяйство. – 1968. – № 11. – С. 49–51.
6. Пат. 103408 Российской Федерации, МПК 8: G05 D 23/30. Термостат / Соколов А.Ф., Рыжов А.Е., Рассохин С.Г., Ваньков В.П., Алеманов А.Е., Троицкий В.М., Мизин А.В., Монахова О.М. Заявитель и патентообладатель ООО «Газпром ВНИИГАЗ». – № 2010136544; заявл. 31.08.2010 г.; опублик. 10.04.2011, бюллетень № 10.

UDC 622.244.6

A.F. Sokolov, Candidate of Sciences (Engineering), Head of the Laboratory for Physical Simulation of Multi-Phase Processes of the Research Centre for Oil and Gas Formation Systems and Process Simulation; **S.G. Rassokhin**, Doctor of Sciences (Engineering), Head of the Research Centre for Oil and Gas Formation Systems and Process Simulation; **V.M. Troitsky**, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Leading Research Assistant of the Laboratory for Physical Simulation of Multi-Phase Processes of the Research Centre for Oil and Gas Formation Systems and Process Simulation; **A.V. Mizin**, Deputy Head of the Laboratory for Physical Simulation of Multi-Phase Processes of the Research Centre for Oil and Gas Formation Systems and Process Simulation; **V.P. Vankov**, Chief Specialist of the Laboratory for Physical Simulation of Multi-Phase Processes of the Research Centre for Oil and Gas Formation Systems and Process Simulation, Gazprom VNIIGAZ LLC

Thermostating of equipment for performance of filtration experiments at abnormally low formation temperatures

Development of oil and gas fields in eastern regions of Russia characterized with abnormally low formation temperatures provides for carrying out a set of experimental researches of the processes of multi-phase filtration in the formation systems for study of hydrodynamic parameters with application of state-of-the-art experimental equipment.

Keywords: simulation of formation processes, abnormally low temperatures, thermostating, Chayandinskoye oil and gas condensate field, multi-phase multi-component filtration, expulsion of fluids.

References:

1. Rozenberg M.D., Kundin S.A. Mnogofaznaya mnogokomponentnaya fil'tratsiya pri dobyche nefiti i gaza (Multi-phase multi-component filtration during oil and gas production). – Moscow: Nedra, 1976. – 335 p.
2. Zabrodin P.I., Rakovsky N.L., Rozenberg M.D. Vytesnenie nefiti iz plasta rastvoritelyami (Expulsion of oil from the formation with solvents). – Moscow: Nedra, 1968. – 224 p.
3. Glumov I.F. Nefteotdacha pri vytesnenii plastovoi nefiti vodoi pri temperaturakh nizhe temperatury vypadeniya parafina (Oil recovery during expulsion of oil with water at the temperatures below the wax dropout point) // Tatarskaya Neft. – 1961. – No. 11. – P. 11–13.
4. Geyman M.A., Fridman R.A. Vytesnenie romashkinskoi nefiti iz nestementirovannykh peskov pri nizkikh temperaturakh (Expulsion of Romashkino oil from uncemented sand at low temperatures) // Proceedings of the Institute of Oil. – Vol. 11. – Oilfield Engineering, 1958. – P. 193–208.
5. Kovalyov A.G., Lyutin L.V., Perevalov V.G. Voprosy zavodneniya mestorozhdeniy parafinistykh neftei (Issues of flooding of paraffin oil deposits) // Oil Industry. – 1968. – No. 11. – P. 49–51.
6. Patent 103408 Russian Federation, International Patent Classification 8: G05 D 23/30. Thermostat / Sokolov A.F., Ryzhov A.Ye., Rassokhin S.G., Vankov V.P., Alemanov A.Ye., Troitsky V.M., Mizin A.V., Monakhova O.M. Applicant and patent holder Gazprom VNIIGAZ LLC. – No. 2010136544; applied on 31.08.2010; published on 10.04.2011, bulletin No. 10.