

автомобильного транспорта с заданной расчётной скоростью;

- назначены критерии отказа насыпи, проектируемой в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов по второму принципу;
- предложена мера надёжности сооружения, как вероятность безотказной работы насыпи;
- приведена формула для вычисления вероятности отказа насыпи, учитывающая три критерия.

Литература:

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надёжности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1971 – 256 с.
2. Векслер А.Б. Надёжность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений /А.Б. Векслер, Д.А. Ивашинцов, Д.В. Стефанишин. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2002. – 592 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М. Наука, 1991. – 384 с.
4. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд /под ред. И.А. Золотаря, Н.А.

Пузакова, В.М. Сиденко. – М.: Транспорт, 1971 – 416 с.

5. ГОСТ Р 27.002-2015 Надёжность в технике (ССНТ). Термины и определения. – М., Госстандарт. – 24 с.

6. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование/ Д. Джарратано, Г. Райли; пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.

7. Земляное полотно автомобильных дорог в северных условиях / под ред. А.А. Малышева. – М.: Транспорт, 1974. – 186 с.

8. Математическая Энциклопедия /под ред. И.М. Виноградова. – М.: Советская Энциклопедия, 1977. Т.1. – 1152 с.

9. ОДМ 218.2.094-2018. Методические рекомендации по проектированию земляного полотна автомобильных дорог общего пользования из местных талых и мерзлых переувлажненных глинистых и торфяных грунтов в зонах распространения многолетнемерзлых грунтов /Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М., 2018. – 49 с.

10. Пегат А. Нечёткое моделирование и управление /А. Пегат; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ ИСПАРИЕНИЯ КОНДЕНСАТА «СУХИМ» УГЛЕВОДОРОДНЫМ ГАЗОМ В БОМБЕ PVT

Гамидов Натиг Нейман

*Кандидат технических наук, доцент,
НИПИ "Нефтегаз", SOCAR,
Азербайджанской Республики*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION INTO SOME OF THE ASPECTS OF CONDENSATE EVAPORATION WITH A "DRY" HYDROCARBON GAS IN THE PVT BOMB

Hamidov Natig Neyman

*PhD of technical sciences, associated professor,
"OilGasScientificResearchProject"
Institute of State Oil Company of Azerbaijan Republic (SOCAR)
DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.1.54.193](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.1.54.193)*

Аннотация

В данной статье изучаются показатели процесса воздействия на призабойную зону газоконденсатной скважины «сухим» газом в разных термобарических условиях. Эксперименты проводились в бомбе pVT, в целях устранения влияния других факторов в полученных результатах. Исследования изучают изменения физико-химических и термодинамических свойств флюидов, а также зависимость величины испарившегося конденсата от температуры, плотности конденсата и количества контактов. Полученные данные представляют основу для решения некоторых вопросов при повышении продуктивности добывающих скважин.

Abstract

The paper investigates the indicators of the down hole zone stimulation process on gas-condensate well by applying "dry" natural gas in different thermo-baric conditions. The designed experimental investigation has been carried out in pVT bomb for eliminating different unnecessary factors may impact on obtained results. Investigation considered the dependences of the physicochemical and thermodynamic properties of fluids, as well as the rate of evaporated condensate on temperature, condensate density, and the number of contacts. The data obtained provide valuable directions for optimizing well productivity.

Ключевые слова: углеводородная система, газоконденсатное месторождение, испарение конденсата, призабойная зона, конденсатосодержание, начало конденсации.

Keywords: hydrocarbon system, gas-condensate field, condensate evaporation, bottom-hole zone, condensate-gas ratio, dew point.

Введение

Известно, что конденсатоотдача в газоконденсатных залежах, эксплуатирующихся в режиме истощения, не превышает 30-40% от начальных запасов [3, 5-8]. Например, коэффициент конденсатоотдачи по залежи VII горизонта глубокозалегающего газоконденсатного месторождения Булла-дениз Азербайджана не превышает 30%. В связи с этим, значительное количество конденсата остается в пласте неизвлеченным [2, 4].

В целях извлечения осевшего конденсата применяются различные методы, в том числе и метод воздействия на призабойную зону скважины газами, состоящими из «сухого» углеводородного или широкой фракции легких углеводородов, таких как пропан-бутан [2, 6, 9-12]. В целях снижения потребности в углеводородном газе, в некоторых случаях в него добавляют определенное количество азота или углекислого газа [1,5].

В лабораторных условиях нами проведены многочисленные эксперименты [1, 2, 9] по изучению испаряемости выпавшего конденсата газами различного состава, в том числе «сухого» углеводородного, физической основой которой является испарение выпавшего конденсата в присутствии газов, в которых жидкие углеводороды хорошо растворяются. При этом было установлено, что, несмотря на неоднократное

воздействие на конденсат газами различного состава, извлечь его полностью не представляется возможным. Указанная тенденция объяснялась тем, что по мере испарения легких фракций конденсата его плотность возрастает, а это требует закачки большого количества газа при более высоких давлениях [1, 2]. По вышеуказанным причинам проблема по-прежнему актуальна и находится в центре внимания исследователей.

В данной работе изучаются показатели процесса воздействия на призабойную зону газоконденсатной скважины «сухим» газом на разных термобарических условиях с учетом плотности конденсата, температуры и количества контактов. Эксперименты проводились в бомбе pVT, так как опыты с участием пористой среды являются весьма трудоемкими. Кроме того, здесь процесс изучается качественно, без каких-либо привязок полученных результатов к конкретным условиям разработки.

Экспериментальная установка и методика проведения экспериментов

Решение этой задачи, безусловно, возможно и с использованием существующих математических моделей, но как было отмечено выше, сложный характер фазовых превращений при разработке газоконденсатной залежи не позволяет отразить эти процессы точными математическими зависимостями [4-6].



Рисунок 1. Экспериментальная установка

С другой стороны, как показано в предыдущих работах, влияние пористой среды на показатели процесса испарения конденсата «сухим» углеводородным газом существенное [3]. Но проведение этих трудоемких экспериментов не всегда удается, и в связи с этим, ниже приведены результаты экспериментальных исследований по испарению конденсата различными газами в бомбе pVT (рис.1) на основе данной методологии [2].

В экспериментах давление в системе доводилось до величины, близкой к давлению, ожидаемому к концу разработки месторождения "Булла-дениз" (Азербайджан). Для конкретных

условий экспериментов оно было принято 12,0 МПа. При этом данный предел давления 12,0 МПа выбран на основе расчетов условий фонтанирования газоконденсатной скважины при устьевом давлении 1,5-2,0 МПа. Опыты по приведенной выше последовательности проводились вначале для значения температуры 60 °С.

Как было отмечено выше, при дифференциальном снижении давления от $P_{н.к.}$ (давление начала конденсации) до 12,0 МПа изучались составы газов и свойства жидкости в каждом шаге. А также проводили

хроматографические анализы (опыты проводились на хроматографе ЛХМ-8) составов газов сепарации и дегазации.

Анализ результатов экспериментальных исследований. Влияние различных параметров на испарение конденсата

Хроматографические анализы составов газов сепарации и дегазации показали, что содержание метана (C_1), этана (C_2) и пропана (C_3) как в составе газа дегазации, так и газа сепарации существенно не изменяется по мере снижения давления. Основные изменения происходят с более тяжелыми углеводородами, начиная с бутанов (C_4), и наблюдается рост их содержания как в составе газа

сепарации, так и газа дегазации по мере снижения давления.

Наблюдается некоторое изменение в свойствах конденсата в процессе дифференциального снижения давления (табл.1). Здесь речь идет о жидких углеводородах, улавливаемых в сепараторе в процессе снижения давления. В табл.1 показано изменение плотности, молекулярной массы (M_k) конденсата и конденсатосодержания (C) при снижении давления от давления начала конденсации ($P_{н.к.}$) до 12,0 МПа, и, как ожидалось, эти показатели конденсата имеют тенденцию снижения в зависимости от давления.

Таблица 1

Изменение физических свойств конденсатов в процессе дифференциальной конденсации

N/N	Интервал снижения давления, МПа	ρ_k , кг/м ³	M_k	C , (г/м ³)
T = 60°C				
1	29,4-24,0	746,9	107	132,0
2	24,0-18,6	740,4	101	100,7
3	18,6-12,0	734,1	98	41,7
4	12,0-12,0	727,5	95	21,0
T = 80°C				
1	25,8 - 22,8	741,7	102	182
2	22,8 - 19,8	738,4	100	147
3	19,8 - 16,2	734,2	98	110
4	16,2 - 12,0	729,2	96	104
5	12,0 - 12,0	725,4	94	44
T = 100°C				
1	22,8 - 19,2	742,5	104	175,5
2	19,2 - 15,6	737,6	99	127,3
3	15,6 - 12,0	732,4	97	94,6
4	12,0 - 12,0	727,7	95	56,3
T=120°C				
1	20,8-16,4	743,0	104	190
2	16,4-12,0	738,6	100,5	163,5
3	12,0-12,0	732,0	96,5	100,8

Результаты опытов хорошо согласуются с общепринятой практикой разработки газоконденсатных месторождений на режиме истощения, при котором плотность конденсата и конденсатосодержание по мере падения давления снижаются.

Перед началом экспериментов по исследованию испаряемости конденсатов при воздействии на них "сухим" углеводородным газом изучались свойства оставшейся в бомбе системы после завершения цикла ее истощения. Отметим, что в подобной постановке эксперименты нами проводились впервые.

Эксперименты по изучению испаряемости конденсата, оставшегося в бомбе pVT после достижения давления 12,0 МПа, проводились при контактировании системы с "сухим" углеводородным газом, с составом и свойством: C_1 -91.15; C_2 -6.78; CO_2 -0.14; C_3 -1.1; iC_4 -0.26; nC_4 -0.32; iC_5 -0.12; nC_5 -0.09; ΣC_6 -0.04; C_{5+} -7.7г/м³; γ -

0,7347г/м³. Как видно, в составе газа содержание метана достигает более 91%, а содержание более тяжелых - небольшое. Природный газ имеет в своем составе около 0,14 % углекислого газа.

Таким образом, «сухой» газ контактировал с пластовой системой и находился определенное время с ним в равновесии, после чего "добытый" из бомбы pVT жирный газ пропущался через сепаратор, где он разделялся на сухой газ и конденсат, определялись состав сухого газа, молекулярная масса и плотность конденсата, рассчитывалось конденсатосодержание жирного добытого газа.

Представляет интерес исследование кратности контакта "сухого" газа с конденсатом при дальнейшей добыче жирного газа, т.е. при моделировании процесса испарения конденсата. В опытах количество циклов определялось исходя из содержания улавливаемого в сепараторе конденсата в каждом цикле, т.к. его количество

должно быть достаточно для проведения стандартных физико-химических исследований свойств жидкой фазы. А также получены результаты анализа составов газов сепарации и дегазации при многократном испарении конденсата в условиях воздействия "сухим" газом. Оказалось, что при $t=60^{\circ}\text{C}$ содержание C_2 как в составе газа сепарации, так и газа дегазации растет, а, начиная с пропана, содержание остальных, включая C_{5+} , снижается.

Изучались физико-химические свойства оставшегося в бомбе «остатка» жидкости после завершения процесса испарения и, как показали наблюдения, ее свойства существенно отличаются от начальных. Таким образом, в результате неоднократного испарения жидкого в пластовых условиях конденсата «сухим» углеводородным газом можно добыть 19% оставшегося в бомбе рVT ретроградного конденсата при температуре 60°C . Выше были представлены некоторые результаты исследований испаряемости конденсата при

контакте с "сухим" углеводородным газом при температуре 60°C . В связи с тем, что данная величина температуры существенно ниже пластовой месторождения Булла-дениз, из которого взята проба системы (пластовая температура около 105°C), опыты по приведенной выше последовательности повторялись и для значений температур 80, 100, 120°C , и изучалось их влияние на данный процесс.

Проведение исследований при температурах, отличающихся от пластовой, было вызвано необходимостью качественного описания процесса изменения физико-химических и термодинамических свойств флюидов, а также величины испарившегося конденсата (q_k) в зависимости от температуры. Таким образом, моделировался процесс испарения конденсата в присутствии "сухого" углеводородного газа при неоднократном их контакте в условиях изменяющейся температуры.

На рис.2 показаны контактные изотермы конденсации при температурах 60, 80, 100 и 120°C .

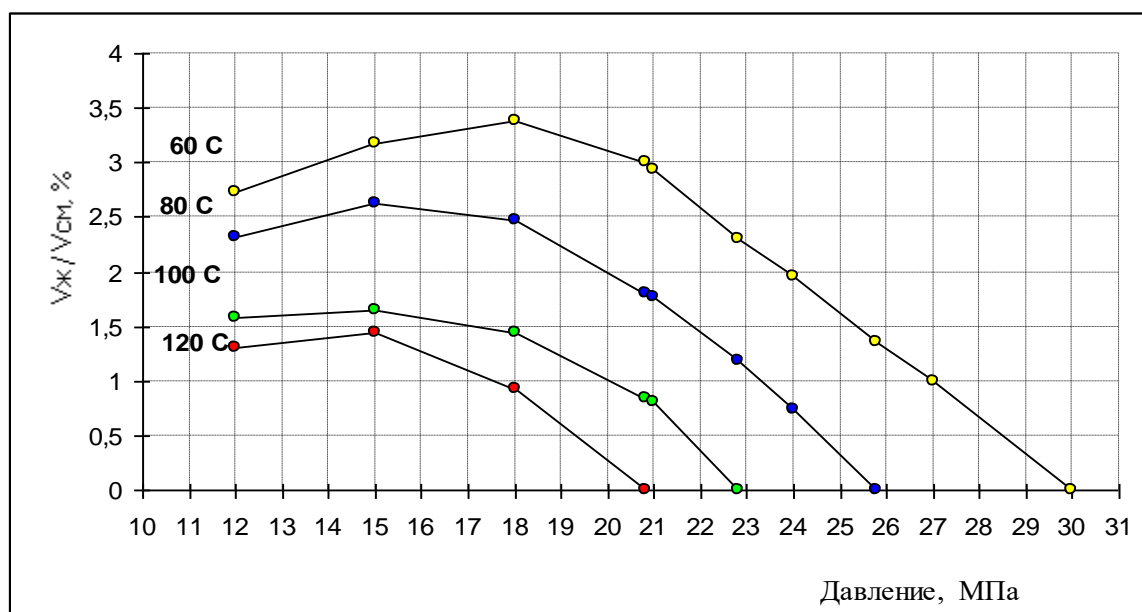


Рисунок 2. Контактные изотермы при различных температурах

Как видно из рис.2, с ростом температуры давление начала конденсации ($P_{н.к.}$) снижается. При этом отмечается близкий к прямолинейному темп снижения $P_{н.к.}$ в зависимости от температуры. Здесь представляет интерес количественная оценка этих изменений, для чего полученные на рис.2 данные обрабатывались в виде зависимости $V_{ж}/V_{см} = f(P_{н.к.})$.

Как видно из результатов зависимости $P_{н.к.}$ от температуры, максимальный темп снижения

давления около 4,2 МПа отмечен в интервале температур 60-80 $^{\circ}\text{C}$, а при дальнейшем росте температуры от 80 до 120 $^{\circ}\text{C}$ значение $P_{н.к.}$ снижается незначительно (около 1,0 МПа/ $^{\circ}\text{C}$). При дифференциальном снижении давления от $P_{н.к.}$ до 12,0 МПа изучались составы газов и свойства жидкости в каждом шаге. В связи с тем, что законы изменения свойств флюидов от давления были почти идентичными.

Таблица 2

Сведения о составе системы после завершения процесса истощения

Компоненты (г/м ³)	Температура, °С.			
	60	80	100	120
C ₂	136,8	111,5	107,2	96,3
C ₃	87,5	61,4	56,8	44,5
ΣC ₄	81,6	63,0	57,6	42,3
C ₅₊	2672,7	2395,7	2352,1	1725,6

Как было отмечено выше, исследовались свойства и состав газоконденсатной системы, оставшейся в бомбе рVT после завершения цикла дифференциальной конденсации в зависимости от температуры. Результаты этих опытов приведены в табл.2, и, как видно из данной таблицы, с ростом температуры содержание C₂ - C₅₊ в остатке снижается.

Таким образом, составы систем, указанные в табл.2, приняты нами как начальные при

воздействии на оставшийся в пласте жидкий конденсат "сухим" углеводородным газом в целях увеличения количества испарившегося конденсата при различных температурах. Как показали исследования, почти во всех рассмотренных температурах наблюдается рост плотности "добываемого" конденсата (ρ) по мере повышения количества циклов контактов, что сопровождается снижением конденсатосодержания (C).

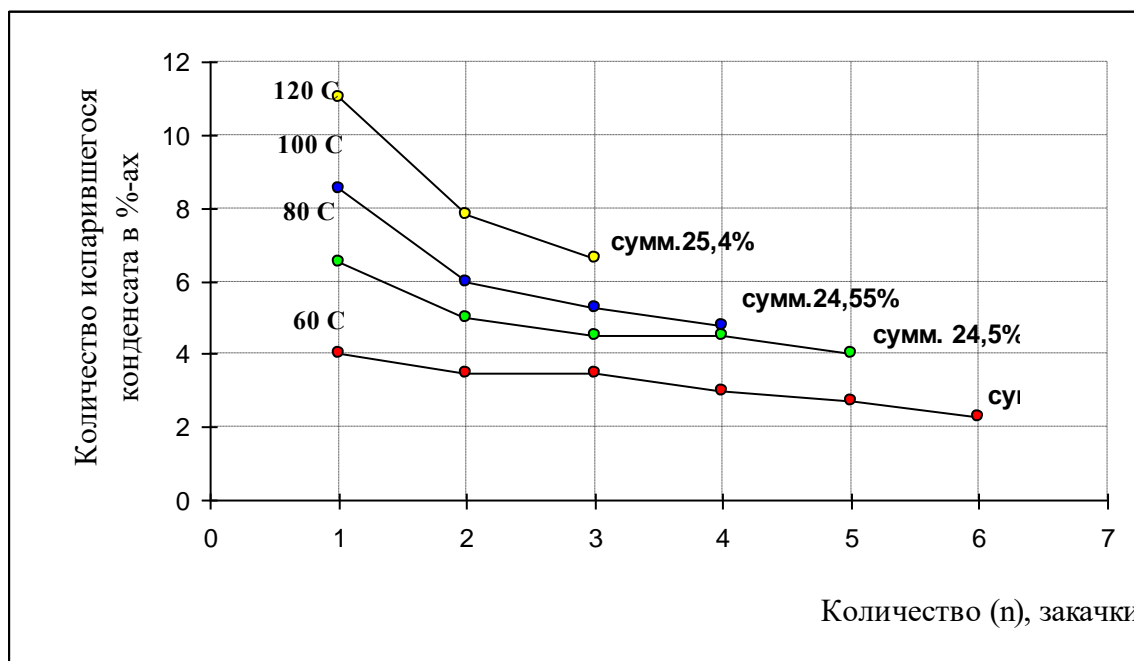


Рисунок 3. Зависимость количества испарившегося конденсата от количества контакто

В зависимости от температуры количество циклов контактов изменяется прямолинейно, где показано, что двукратный рост температуры приводит к двукратному снижению количества циклов контактов "сухого" газа с жидким конденсатом. На рис.3 показано изменение количества испарившегося конденсата в зависимости от количества циклов контактов при различных температурах.

Напомним, что здесь речь идет только о дополнительном количестве конденсата за счет воздействия на оставшуюся его часть "сухим" газом при постоянном давлении 12 МПа и температурах 60, 80, 100, 120°C. Как видно из рис.3,

влияние температуры на величину количества испарившегося конденсата (q_к) системы существенное. Так, если значение q_к при температуре 60°C равно 19%, то при температуре 120°C значение (q_к) повышается до 25,4%.

Исследовались свойства и состав оставшейся в бомбе жидкости после завершения процесса воздействия на нее "сухим" газом (табл.3). Как видно из таблицы, с ростом температуры плотность оставшейся жидкости в бомбе возрастает, что показывает на более глубокое изменение состава конденсата в зависимости от температуры. И как следствие, сказанное приводит к росту количества испарившегося конденсата с ростом температуры.

Таблица 3

Изменение свойств "остатка" конденсата в зависимости от температуры

Свойства "остатка"	Температура, °С.			
	60	80	100	120
Плотность, кг/м ³	783,5	789,3	790,9	793,2
Молекулярная масса	107.5	143	146	149

Исследовалось влияние плотности конденсата на его испаряемость в присутствии "сухих" углеводородных газов. В связи с трудоемкостью экспериментов, они проводились только при температуре 100°С без добавки в систему азота или углекислого газа. В связи с тем, что в условиях месторождения "Булла-дениз" плотность конденсата, добываемого из скважин VII горизонта, изменяется в небольших пределах, нами при изменении плотности конденсата использован более тяжелый конденсат из скв.56 VIII горизонта.

Для получения необходимой величины плотности конденсата его добавляли в конденсат из скв. 46. Здесь вопрос о различии в физико-химических свойствах конденсатов скважин VII и VIII горизонтов нами во внимание не принимался, так как цель экспериментов заключалась в качественном изучении влияния плотности конденсатов на процесс испаряемости в присутствии «сухих» углеводородных газов. Результаты исследований показаны в виде зависимости количества испарившегося конденсата от количества контактов и плотности конденсата (рис.4) .

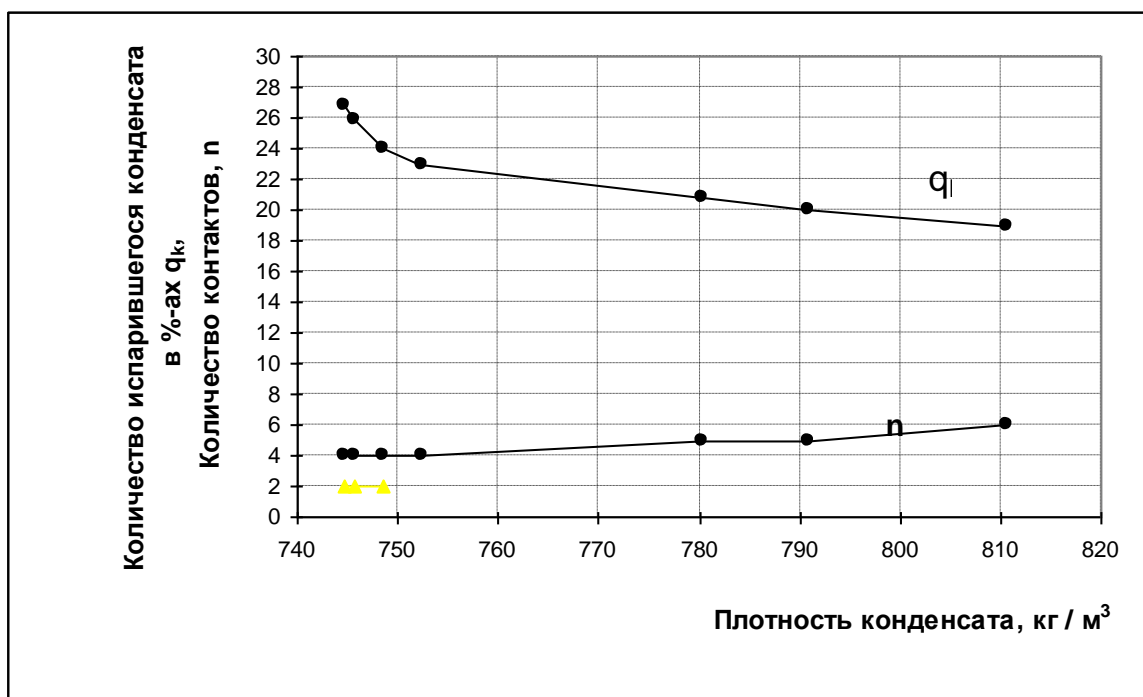


Рисунок 4. Изменение количества испарившегося конденсата (q_k) и количества контактов (n) в зависимости от плотности конденсата

Как видно из рис.4, зависимость количества испарившегося конденсата (q_k) от плотности конденсата (ρ_k) в большом диапазоне плотности конденсата близка к линейной, а в интервале плотностей 740–755 кг/м³ кривая имеет изгиб. Можно обрабатывать эти данные в виде зависимости $q_k = f(\rho_k)$, но математическая связь не является универсальной, так как можно ожидать нарушение линейного участка данной кривой в области плотности конденсата, превышающей 810 кг/м³, из-за его плохой испаряемости. Как видно из рис.4, количество необходимых контактов для завершения процесса испарения зависит от плотности конденсатов почти прямолинейно.

Заключение

Экспериментально исследован процесс испарения ретроградного конденсата путем воздействия на него «сухим» углеводородным газом с учетом влияния термодинамического условия - температуры, давления, количества контактов и плотности конденсата.

Показано, что с ростом температуры давление начала конденсации снижается, и это оказывает существенное влияние на испарение конденсата «сухим» углеводородным газом.

Выяснено, что зависимость количества циклов контактов воздействия на конденсат «сухим» углеводородным газом от температуры изменяется

обратно пропорционально. Другими словами, двукратный рост температуры приводит к двукратному снижению необходимого количества циклов контактов “сухого” газа с жидким конденсатом.

Определена зависимость количества испарившегося конденсата от плотности конденсата, и показано, что при большой плотности ($755-810 \text{ кг/м}^3$) она близка к линейной, а при малой плотности ($740-755 \text{ кг/м}^3$) кривая имеет параболический характер.

Список литературы

1. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Абасов Ш.Д., Гамидов Н.Н. Влияние неуглеводородных компонентов на давление начала конденсации природных систем // «Газовая промышленность», 2000. №1, с.17-18.
2. Абасов М.Т., Аббасов З.Я. Гамидов Н.Н. Экспериментальное исследование испаряемости конденсата «сухим» углеводородным газом, содержащим азот // Изв.АН Азерб.,серия Науки о Земле, №2, Баку, 1999, с.102-110.
3. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Джалалов Г.И., Фейзуллаев Х.А., Фаталиев В.М., Гамидов Н.Н., Изабакиров М. Влияние пористой среды на испаряемость конденсата при воздействии сухим углеводородным газом // Доклады РАН. 2005. том 405, №3, с.368-370.
4. Абасов М.Т., Аббасов З.Я., Фаталиев В.М., Гамидов Н.Н., Мамедова Г.Г. и др. О фазовых превращениях при разработке газоконденсатных залежей // РАН, 2009, № 6, 427 том, с. 802-805.
5. Гриценко А.И., Ремизов В.В. Руководство по восстановлению продуктивности газоконденсатных скважин. ВНИИГаз, М., 1995, 65 с
6. Изюмченко Д.В., Лапшин В.И., Николаев В.М. и др. Конденсатотдача при разработке нефтегазоконденсатных залежей на истощение // Газовая промышленность, М., №1, 2010, с. 24-27.
7. Краснова Е.И. Исследование влияния геолого-физических особенностей залежей на конденсатотдачу в процессе разработки месторождений углеводородного сырья. Дис. ...канд. тех. наук. Тюмень, 2014, 121 с.
8. Мирзаджанзаде А.Х., Кузнецов О.Л., Басниев К.С., Алиев З.С. Основы технологии добычи газа. Москва: ОАО Недр, 2003, 880 с.
9. Fataliyev V.M., Hamidov N.N. Effective “Vaporizer” for Recovering Retrograde Hydrocarbon Condensate from a Gas-Condensate Reservoir // International Journal of Petrochemical Science & Engineering, 2017, vol.2, iss.6, p.p.1-7.
10. Meng X., Sheng J. Experimental and numerical study of huff-n-puff gas injection to re-vaporize liquid dropout in shale gas condensate reservoirs // Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2016, v. 35, part A, p.p. 444-454.
11. Sharma Sh., Sheng J. Comparison of huff-n-puff gas injection and solvent injection in large-scale shale gas condensate reservoirs // Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2018, v. 52, p.p. 434-453.
12. Sheng J., Mody F., Griffith P., Barnes W. Potential to increase condensate oil production by huff-n-puff gas injection in a shale condensate reservoir // Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2016, v. 28, p.p. 46-51.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ СЛЕЖЕНИЯ КАЖДОГО КОНЦЕНТРАТОРА (ГЕЛИОСТАТА) ЗА СОЛНЦЕМ БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ

Орлов Сергей Александрович

Доктор философии и физико-математических наук

Старший научный сотрудник

Физико-технический институт

академии наук республики Узбекистан

город Ташкент

METHOD FOR EVALUATING THE ACCURACY OF TRACKING EACH HUB (HELIOSTAT) FOR THE SUN OF A LARGE SUNGEN FURNACE

Orlov Sergey Aleksandrovich

Doctor of Philosophy(PhD)

Physical and mathematical science

Senior Researcher

Institute of Physics and Technology

Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Tashkent city

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.1.54.184](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.1.54.184)

Аннотация

Рассмотрен способ оценки величины дефукосировки каждого концентратора (гелиостата) при работе Большой солнечной печи, путем измерения диапазона отклонения отраженного пятна на параболическом зеркале концентратора. Приведена формула расчета дефукосировки концентратора (гелиостата) по вертикали и горизонтали.