

На правах рукописи



ИВАНОВ СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ
ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА**

Специальность 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений

Автореферат
Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень – 2012

Работа выполнена в открытом акционерном обществе «Тюменский проектный и научно-исследовательский институт нефтяной и газовой промышленности им. В.И. Муравленко» (ОАО «Гипротюменнефтегаз»).

Научный руководитель - кандидат технических наук
Тарасов Михаил Юрьевич

Официальные оппоненты: - **Лапердин Алексей Николаевич** - доктор геолого-минералогических наук, ООО «ТюменьНИГипрогаз», советник генерального директора в области разработки месторождений
- **Леонтьев Сергей Александрович** - кандидат технических наук, Тюменский государственный нефтегазовый университет, кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», доцент

Ведущая организация - Открытое акционерное общество «Нижневартовский научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности» (ОАО «НижневартовскНИПИнефть»)

Защита состоится 30 марта 2012 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д.212.273.01 при ТюмГНГУ по адресу: 625027, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, 38.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотечно-информационном центре ТюмГНГУ по адресу: 625039, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72 а, каб. 32.

Автореферат разослан 29 февраля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Г.П. Зозуля

2012А
6727

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Энергетической стратегией России на период до 2030 года предусматривается увеличение добычи нефти до 530 – 535 млн. тонн и обеспечение коэффициента утилизации попутного нефтяного газа на уровне не ниже 95 процентов, при этом предусматривается снижение удельных потерь на предприятиях ТЭК до 2,5 %. К числу основных проблем развития нефтяного комплекса относятся нерациональное недропользование и отсутствие комплексных технологий добычи и экономически эффективной утилизации углеводородов. По минимальным оценкам в России на факелах ежегодно сжигается до 20 млрд. м³ попутного нефтяного газа, при этом потери легких жидких углеводородов могут составлять до 2 млн. т.

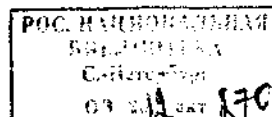
Для достижения стратегических целей развития нефтяного комплекса решаются задачи ресурсо- и энергосбережения, сокращение потерь на всех стадиях технологического процесса при подготовке запасов, добыче, транспортировке и переработке нефти, особо остро поставлена задача максимально полной утилизации и сбережения ресурсов попутного нефтяного газа.

Внедрение прогрессивных технологий для нефтедобывающих предприятий и в целом для экономики страны позволяет снизить нереализованный потенциал ресурсо- и энергосбережения, сократить потери легких углеводородов и повысить выход товарной нефти.

Поэтому рассматриваемая и решаемая в работе проблема, являясь частью стратегических задач развития ТЭК России, является актуальной.

Цель работы

Снижение потерь легких углеводородов и повышение выхода товарной нефти разработкой ресурсосберегающей технологии подготовки попутного нефтяного газа и решением проблем рационального использования низконапорного попутного нефтяного газа.



Основные задачи исследований

1. Анализ технологий использования и промышленной подготовки попутного нефтяного газа, требований к качеству попутного нефтяного газа.
2. Исследование процесса сепарации нефти и разработка технологических решений по подготовке попутного нефтяного газа на основе рациональных режимов сепарации нефти, по снижению потерь (недобора) легких углеводородов и повышению выхода нефти.
3. Разработка требований к попутному нефтяному газу и технологии подготовки попутного нефтяного газа.
4. Разработка и апробация способа утилизации низконапорного попутного нефтяного газа.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются системы промышленного сбора и подготовки нефти и попутного нефтяного газа, а предметом – процессы сепарации нефти, низкотемпературной конденсации попутного нефтяного газа и компримирования.

Научная новизна выполненной работы

1. Обосновано применение низкотемпературной конденсации в качестве основополагающей технологии подготовки попутного нефтяного газа и условия осуществления данной технологии, способа использования (утилизации) низконапорного попутного нефтяного газа.
2. Изучены зависимости выхода нефти (снижение расхода сырья) и содержания фракций легких жидких углеводородов, растворенных в газе от давления 1-й и 2-й ступеней трехступенчатой сепарации нефти и доказаны рациональные режимы сепарации, обеспечивающие увеличение выхода нефти (снижение расхода сырья) до 1 % масс. и подготовку попутного нефтяного газа, используемого в качестве топливного до требований по содержанию метана, плотности и метановому индексу.
3. Изучены зависимости выхода, давления насыщенных паров легких

жидких углеводородов от условий подготовки газа и разработаны требования к извлечению легких жидких углеводородов из попутного нефтяного газа в зависимости от газового фактора пластовой нефти и состава газа сепарации.

Практическая ценность и реализация

1. Предложена технология сепарации нефти и выделения ЛЖУ из попутного нефтяного газа, обеспечивающая максимальное сохранение ЛЖУ в нефти.

2. Разработаны и внедрены технологии подготовки попутного нефтяного газа для повышения выхода нефти (снижения расхода сырья) и снижения содержания фракций легких жидких углеводородов, выбор технологической схемы производится в зависимости от газового фактора пластовой нефти и состава газа сепарации.

3. Разработан способ утилизации низконапорного газа, обеспечивающий использование низконапорного газа процессов сепарации и очистки нефтепромысловой сточной воды двухступенчатым компримированием с помощью эжекторов типа «газ-жидкость» и «газ-газ» до давления транспорта потребителю (Патент 2412336 РФ), применение которого позволяет снизить затраты на утилизацию низконапорного газа в количестве 61,9 млн. рублей.

Основные защищаемые положения

1. Процесс низкотемпературной конденсации в качестве основополагающей технологии подготовки попутного нефтяного газа.

2. Увеличение выхода нефти (снижение расхода сырья) до 1 % масс. и подготовка попутного нефтяного газа, используемого в качестве топливного до требований по содержанию метана, плотности и метановому индексу за счет изменения условий трехступенчатой сепарации нефти.

3. Извлечение легких жидких углеводородов из попутного нефтяного газа и выбор технологии подготовки попутного нефтяного газа в зависимости от газового фактора пластовой нефти и состава газа сепарации.

4. Способ утилизации низконапорного газа, позволяющий с

наименьшими энергозатратами направлять низконапорный попутный нефтяной газ процессов сепарации и очистки нефтепромысловой сточной воды двухступенчатым компримированием с помощью эжекторов типа «газ-жидкость» и «газ-газ» потребителю.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Область исследований диссертационной работы соответствует паспорту специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, в части пункта 4: «Технологии и технические средства добычи и подготовки скважинной продукции, диагностика оборудования и промышленных сооружений, обеспечивающих добычу, сбор и промышленную подготовку нефти и газа к транспорту, на базе разработки научных основ ресурсосбережения и комплексного использования пластовой энергии и компонентов осваиваемых минеральных ресурсов».

Апробация результатов исследований

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: 28-й (2004 г), 31-й (2007 г), 34-й (2010 г) научно-практических конференциях, семинарах и научно-технических советах Открытого акционерного общества Тюменский проектный и научно-исследовательский институт нефтяной и газовой промышленности им. В.И. Муравленко (г. Тюмень, ОАО «Гипротюменнефтегаз»); V-й конференции молодых специалистов организаций, осуществляющих виды деятельности, связанной с пользованием участками недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры (г. Ханты-Мансийск, Югорский государственный Университет, февраль 2005); научно-практической конференции «Молодежная составляющая инновационного развития Тюменской области – 2007» (г. Тюмень, декабрь 2007); Совещании «Передовые технологии в области использования попутного нефтяного газа» (г.Томск, ОАО «ТомскНИПИнефть» 22 – 23 апреля 2010 г); II-й научно-практической конференции «Использование попутного нефтяного газа. Спрос и предложения на рынке оборудования по

использованию ПНГ» (г. Нижневартовск, ОАО «НижневартовскНИПИнефть», октябрь 2010); XXV юбилейном Всероссийском межотраслевом совещании «Проблемы утилизации попутного нефтяного газа и оптимальные направления его использования. Энергоэффективность», г. Геленджик, 27.09 – 1.10.2011 г; семинарах и заседаниях кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Института геологии и нефтегазодобычи Тюменского государственного нефтегазового университета Министерства образования и науки РФ (ТюмГНГУ).

Публикации

Результаты выполненных исследований опубликованы в 9 печатных работах, в том числе в 6 изданиях, рекомендованных ВАК РФ. По результатам исследований получен 1 патент РФ на изобретение.

Объем и структура работы

Диссертационная работа изложена на 132 страницах, содержит 18 таблиц, 34 рисунка. Состоит из введения, четырех разделов, основных выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 98 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, определена цель работы, поставлены задачи исследований, сформулированы защищаемые положения, дана научная новизна полученных результатов работы, практическая ценность и реализация.

В первом разделе рассмотрены технологии использования и промышленной подготовки попутного нефтяного газа к транспорту, проанализированы требования к попутному нефтяному газу.

В попутном нефтяном газе, направляемого с промыслов на подготовку, переработку или потребителю после сепарации содержится большое количество легких жидких углеводородов (ЛЖУ), которые при извлечении из попутного нефтяного газа и смешении с разгазированной нефтью могут

увеличить выход нефти при условии соблюдения требований по давлению насыщенных паров (не более 66,7 кПа).

Под легкими жидкими углеводородами понимаются углеводороды C_4 (бутаны) и тяжелее, содержащиеся (растворенные) в газе.

Анализ вариантов возможного использования попутного нефтяного газа с точки зрения получения легких жидких углеводородов, показывает, что во всех вариантах необходимо предусматривать стадию выделения из попутного нефтяного газа легких жидких углеводородов.

Рассмотрены и проанализированы способы и направления рационального использования попутного нефтяного газа, существующие технологии подготовки и переработки попутного нефтяного газа, используемые для выделения легких жидких углеводородов (отбензинивания) применительно к промышленному обустройству нефтяных месторождений, вопросы сепарации нефти. Среди них работы: Н.И. Андреевой, В.С. Арутюнова, В.Н. Антипова, Ю.Е. Батурина, Т.М. Бекирова, А.М. Берлина, В.Г. Гореченкова, В.И. Горояна, А.И. Гриценко, А.И. Гужова, Г.А. Ланчакова, А.М. Лобкова, Р.И. Медведского, В.П. Тронева, К.М. Федорова, А.М. Чуракаева и др.

Однако, в данных работах реализация любого направления рационального использования попутного нефтяного газа не рассматривается с процесса промышленной подготовки нефти, а именно сепарации нефти, так должны быть определены рациональные режимы сепарации нефти с целью увеличения выхода нефти и подготовки попутного нефтяного газа – снижения содержания фракций C_{4+} в газе, направляемому потребителю или возможной подготовки до требований к топливному газу.

Определен ряд процессов, которые необходимо рассматривать при промышленной подготовке попутного нефтяного газа, направляемого на подготовку или переработку с целью извлечения из попутного нефтяного газа и сохранения в нефти легких жидких углеводородов:

- компрессионный способ;

- способ низкотемпературной конденсации;
- сочетание данных способов.

Требования к попутному нефтяному газу, направляемого с промыслов на дальнейшую подготовку, переработку или потребителю, отсутствуют. Таким образом, попутный нефтяной газ, являющийся одним из трех продуктов подготовки нефти на промыслах (газ, нефть и вода) не имеет требований к качеству.

Для компримирования низконапорного газа используются эжекторы, как жидкостно-газовые, так и чисто газовые, в которых в качестве рабочей среды используется в первом случае жидкость и газ во втором случае. Эжекторы являются альтернативой компрессорам при наличии рабочей среды с достаточной энергией и обладают рядом преимуществ. Это простота конструкции и эксплуатации, малая металлоемкость, отсутствие динамических частей и прочее. В нефтяной промышленности эжекторы используются для отбора газа из затрубного пространства скважин, сбора и компримирования низконапорного газа конечных ступеней сепарации. В связи с этим автором технология утилизации низконапорного газа с помощью эжекторов рассматривается как одна из эффективных.

Таким образом, основной целью промышленной подготовки попутного нефтяного газа должно быть максимальное извлечение из попутного нефтяного газа и сохранение в нефти легких жидких углеводородов.

Второй раздел посвящен исследованию процесса сепарации нефти и разработке технологических решения по подготовке попутного нефтяного газа на основе рациональных режимов сепарации нефти.

Рассмотрение и реализация любого направления рационального использования попутного нефтяного газа должно начинаться с процесса промышленной подготовки нефти, а именно сепарации нефти. Должны быть определены рациональные режимы сепарации нефти с целью увеличения выхода нефти и подготовки попутного нефтяного газа – снижения содержания

фракций C4+ в газе, направляемом потребителю или возможной подготовки до требований к топливному газу.

Проектируемые в настоящее время системы сбора, подготовки и транспорта продукции на нефтяных и нефтегазовых месторождениях обеспечивают возможность 100 %-ного использования попутного нефтяного газа. При этом в попутном газе могут оказаться углеводороды, которые при рациональных технологических режимах могли бы остаться в нефти, тем самым увеличив ее выход.

В процессе проектирования систем сбора и подготовки расчеты материальных потоков установок подготовки нефти производятся, как правило, на заданные производительности по товарной нефти и попутному нефтяному газу ПНГ, т.е. расчетный расход поступающего на установку флюида может изменяться в зависимости от термобарических режимов работы оборудования, в отличие от анализа работы действующих установок подготовки нефти, для которых известен расход и состав поступающей продукции скважин (используется понятие «выход нефти»). Для анализа работы проектируемых установок автором используется критерий, аналогичный понятию выход нефти – проектный расход по сырью – это масса пластовой нефти, входящей на установку, из которой после сепарации получается единица массы товарной нефти.

В качестве величины сравнения проектных режимов сепарации и выбора рациональных используется параметр – снижение расхода сырья относительно расходу по сырью при стандартной однократной сепарации при 0,101325 МПа и 20 °С.

На примере оптимизации режимов подготовки нефти выбор рациональных режимов сепарации приведен для ДНС-1 Еты-Пуровского месторождения (пласт Ю₁):

- Снижение расхода сырья, % масс. (рис. 1);
- Снижения содержания ЛЖУ в общем потоке газа сепарации, кг/м³ (рис. 2).

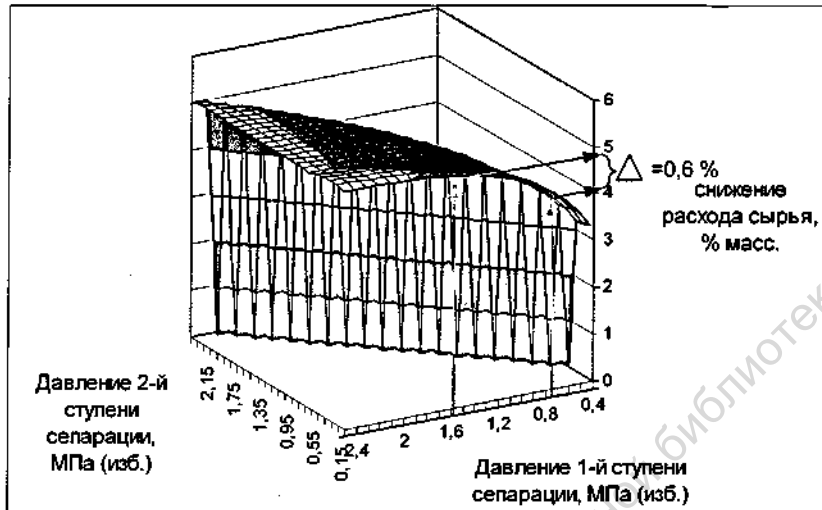


Рис. 1. Снижение расхода сырья для различных режимов сепарации нефти Еты-Пуровского месторождения (пласт Ю₁)

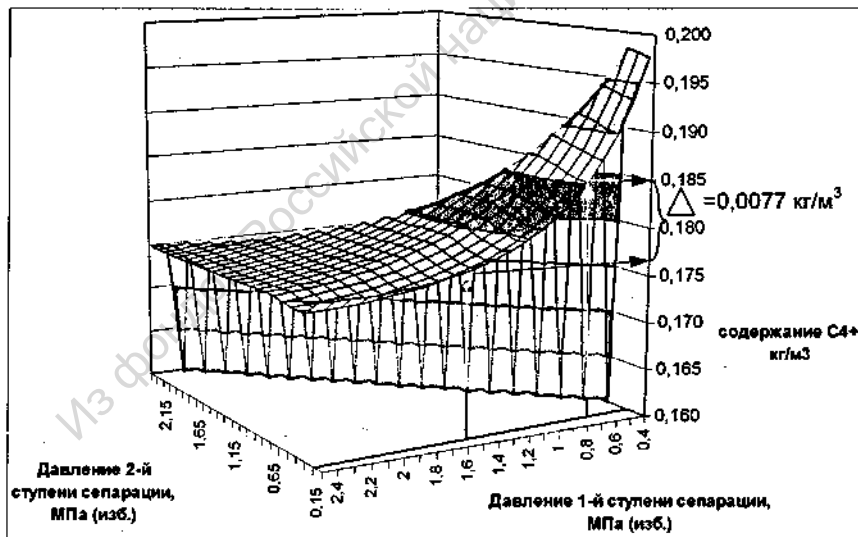


Рис. 2. Содержание ЛЖУ в общем потоке газа для различных режимов сепарации нефти Еты-Пуровского месторождения (пласт Ю₁)

Анализ зависимости снижения расхода сырья для различных режимов сепарации нефти Еты-Пуровского месторождения (Рис. 1) показывает, что при типовых проектных режимах с давлением первой ступени сепарации на ДНС не более 0,8 МПа (изб.) и давлением второй ступени 0,2 МПа (изб.) обеспечивает величину снижения расхода сырья 4,3 % масс. Так, увеличение давления на первой ступени сепарации нефти до 1,6 МПа (изб.) позволяет снизить расход сырья на 0,6 % масс., чем при типовых проектных режимах.

Анализ зависимости снижения расхода сырья для различных режимов сепарации нефти Еты-Пуровского месторождения (Рис. 1) показывает, что при типовых проектных режимах с давлением первой ступени сепарации на ДНС не более 0,8 МПа (изб.) и давлением второй ступени 0,2 МПа (изб.) обеспечивает величину содержания ЛЖУ в газе 0,1852 кг/м³. Увеличение давления на первой ступени сепарации нефти до 1,6 МПа (изб.) позволяет снизить содержание ЛЖУ в газе на 0,0077 кг/м³, чем при типовых проектных режимах.

В работе показано, что данные рациональные термобарические условия трехступенчатой сепарации нефти (при давлении на концевой ступени сепарации (КСУ), равным 0,005 МПа (изб.), минимальном давлении на второй ступени, необходимом для подъема нефти на высоту КСУ и давлении на первой ступени сепарации, определенном максимальным перепадом давления между первой и второй ступенями сепарации не более 2,4 МПа), обеспечивающие максимальный выход нефти (снижение расхода сырья) до 1 % масс. и подготовку попутного нефтяного газа, характерны для других нефтей, отличающихся от приведенной выше в качестве примера нефти Еты-Пуровского месторождения по свойствам, добываемых механизированным способом.

В качестве топлива используется попутный газ, отделяемый при сепарации нефти, как правило, первой ступени. Для данных потребителей обычно не предусматривается каких-либо процессов переработки газа, газ только очищается от капельной жидкости сепарацией и фильтрацией.

Зависимость метанового индекса (условный показатель, который характеризует способность газов к бездетонационному сгоранию) от режимов сепарации (температура, давление) легкой нефти Еты-Пуровского месторождения (пласт Ю₁) приведена на рис. 3.

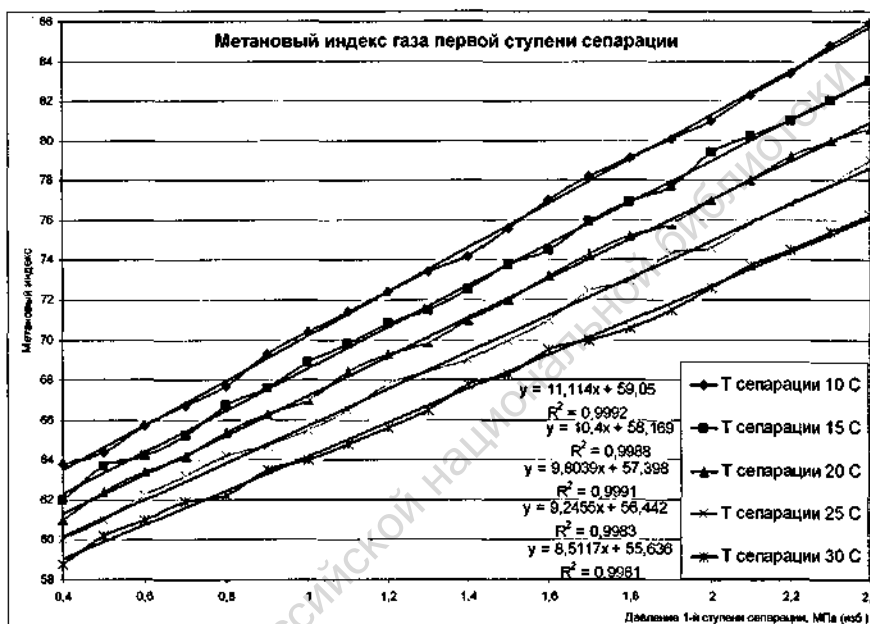


Рис. 3. Зависимость метанового индекса ПНГ от температуры и давления сепарации нефти Еты-Пуровского месторождения

Анализ графиков, приведенных на рис.3, показывает, что увеличению метанового индекса способствует низкая температура и высокое давление сепарации нефти. Например, при повышении давления 1 ступени сепарации с 0,8 до 1,6 МПа (изб.) метановый индекс в среднем для газа сепарации Еты-Пуровского месторождения повышается на 7-9 ед.

Автором сделан вывод, что увеличение давления 1-й ступени сепарации способствует увеличению выхода нефти (снижению расхода сырья) и повышению качества газа, используемого как топливного.

Третий раздел посвящен изучению зависимостей выхода, давления насыщенных паров легких жидких углеводородов от условий подготовки газа и разработаны требования к извлечению легких жидких углеводородов из попутного нефтяного газа в зависимости от газового фактора пластовой нефти и состава газа сепарации.

Аргументированы дополнительные мероприятия по снижению содержания ЛЖУ в газе, направляемом потребителю, которые направлены на частичное извлечение ЛЖУ из попутного нефтяного газа и смешение выделяемых ЛЖУ с разгазированной нефтью при условии соблюдения требований по давлению насыщенных паров (не более 66,7 кПа).

Частичное извлечение ЛЖУ из попутного нефтяного газа рекомендуется осуществлять методом низкотемпературной конденсации (выбор основополагающей технологии подготовки попутного нефтяного газа обоснован в разделе 1) при неглубоком охлаждении – до температуры не менее 5 °С. При охлаждении газа до температур ниже 0 °С с подачей выделяемых ЛЖУ в процесс промысловой подготовки нефти попутный нефтяной газ обогащается углеводородами C₃-C₄, что приводит к росту давления на последних ступенях сепарации и превышению давления насыщенных паров нефти выше требуемого значения.

В работе показано, что при подготовке низконапорного газа 2-ой и 3-ей ступеней сепарации и возврате выделенных в результате подготовки газа легких жидких углеводородов в процесс подготовки нефти, происходит большее увеличение выхода нефти и снижение содержания легких жидких углеводородов в газе, направляемом потребителю, чем при совместной подготовке газа всех ступеней сепарации.

В работе рассмотрены варианты подачи выделяемых в результате низкотемпературной конденсации легких жидких углеводородов в технологический процесс:

- первая ступень сепарации;

- вторая ступень сепарации;
- конечная сепарационная установка;
- резервуар товарной нефти после разгазирования в отдельном сепараторе при атмосферном давлении;

и определена на основании расчетов точка подачи, выделяемых при компримировании и охлаждении ЛЖУ – вторая ступень сепарации нефти.

Предложена принципиальная технологическая схема сепарации нефти и выделения ЛЖУ из попутного нефтяного газа, включающая подготовку низконапорного газа 2-ой и 3-ей ступеней сепарации и подачу выделяемых легких жидких углеводородов на вторую ступень сепарации нефти и обеспечивающая максимальное сохранение ЛЖУ в нефти (рисунок 4).

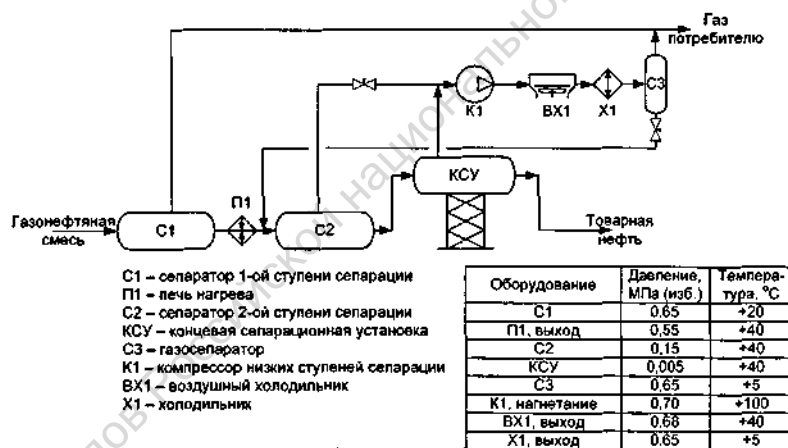


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема сепарации нефти и выделения ЛЖУ из попутного нефтяного газа, обеспечивающая максимальное сохранение ЛЖУ в нефти

На основании анализа (раздел 1) сделано заключение, что требования к попутному нефтяному газу, направляемого с промыслов, отсутствуют. Разрабатываемые в работе требования к качеству попутного нефтяного газа направлены на:

- снижение потерь нефти от уноса капельной нефти потоком газа;

– снижение потерь нефти от уноса углеводородов нефти излишне растворенных в газе.

Снижение потерь нефти от уноса капельной нефти потоком газа относится к конструктивным особенностям сепарационного оборудования и в область исследований данной работы не входит.

Для разработки технико-технологических решений по снижению потерь нефти от уноса углеводородов нефти излишне растворенных в газе автором используется критерий – коэффициент извлечения легких жидких углеводородов $K_{лжУ}$, характеризующий извлечение легких жидких углеводородов из газа сепарации, численно равный отношению массы выделенных легких жидких углеводородов к массовому содержанию углеводородов C_{4+} в попутном нефтяном газе после сепарации нефти, вычисляемый по формуле:

$$K_{лжУ} = \frac{m_{лжУ}}{\sum_{i=4}^n m_{C_i}^{гс}} = \frac{22,4 \cdot m_{лжУ}}{Q_{гс} \cdot \sum_{i=4}^n x_i \cdot M_i} = 1 - \frac{Q_{гг} \cdot \sum_{i=4}^n x_i^{гг} \cdot M_i}{Q_{гс} \cdot \sum_{i=4}^n x_i^{гс} \cdot M_i} \quad (1)$$

где: $K_{лжУ}$ – коэффициент извлечения ЛЖУ; $m_{лжУ}$ – масса извлеченных ЛЖУ (кг); $m_{C_i}^{гс}$ и $m_{C_i}^{гг}$ – масса углеводородов C_{4+} в газе сепарации и отбензиненном газе (кг), соответственно; $Q_{гс}$ и $Q_{гг}$ – объем газа сепарации и отбензиненного газа, соответственно (m^3); M_i – молярная масса углеводородов C_{4+} ; $x_i^{гс}$ и $x_i^{гг}$ – мольная доля углеводородов C_{4+} в газе сепарации и отбензиненном газе (кг/кмоль), соответственно.

Для разработки технических требований к качеству попутного нефтяного газа, направляемого с промыслов, в части содержания легких жидких углеводородов, в работе рассматриваются зависимости извлечения легких жидких углеводородов от газового фактора пластовой нефти, состава газа сепарации.

Требования к извлечению легких жидких углеводородов из попутного нефтяного газа и смешиваемых легких жидких углеводородов с

разгазированной нефтью при соблюдении требований по давлению насыщенных паров не более 66,7 кПа в зависимости от газового фактора пластовой нефти и состава газа сепарации приведены в таблице.

Таблица - Требования к извлечению легких жидких углеводородов из попутного нефтяного газа

| Газовый фактор нефти, м ³ /т | Содержание углеводородов C ₄₊ в газе, кг/м ³ | Коэффициент извлечения К _{ЛЖУ} |
|---|--|--|
| До 100 | менее 0,03 | Извлечение ЛЖУ не рационально |
| | от 0,03 до 0,12 | 0,2 + 0,4 |
| | свыше 0,12 | 0,4 + 0,6 |
| От 100 до 400 | менее 0,03 | Извлечение ЛЖУ не рационально |
| | от 0,03 до 0,12 | 0,2 + 0,3 |
| | свыше 0,12 | 0,15 + 0,25 |
| Свыше 400 | менее 0,03 | Извлечение ЛЖУ не рационально |
| | от 0,03 до 0,12 | 0,2 + 0,3 |
| | свыше 0,12 | При любом извлечении ЛЖУ из газа и смешении с товарной нефтью превышение ДНП выше требований |

Таблица позволяет сделать выводы, что при извлечении из попутного нефтяного газа и смешении с нефтью легких жидких углеводородов при условии соблюдения требований по давлению насыщенных паров (не более 66,7 кПа):

- чем выше газовый фактор нефти, (менее стабильна нефть при промышленном ступенчатом разгазировании) тем коэффициент извлечения легких жидких углеводородов должен быть меньше;
- для нефтей с высоким газовым фактором (более 400 м³/т) и большим содержанием ЛЖУ (свыше 0,12 кг/м³) извлечение ЛЖУ в любом количестве и смешение с нефтью приводит к увеличению давления насыщенных паров последней больше 66,7 кПа;

- для нефтей с малым содержанием ЛЖУ извлечение легких жидких углеводородов из попутного нефтяного газа нецелесообразно.

Автором разработаны варианты подготовки попутного нефтяного газа по технологии низкотемпературной конденсации, в работе приведен выбор технологической схемы подготовки попутного нефтяного газа в зависимости:

1. От давления транспортируемого газа.
2. От газосодержания пластовой нефти.
3. От содержания углеводородов C_{4+} в попутном нефтяном газ после сепарации нефти.
4. От температуры поступающего газа.

В зависимости от характеристик пластовой нефти и компонентного состава попутного нефтяного газа приняты 3 принципиальные технологические схемы подготовки попутного нефтяного газа, отличающиеся: количеством ступеней охлаждения; режимами работы и способом создания холода.

Для определения и обоснования режимов подготовки газа – необходимой температуры охлаждения газа с целью выделения легких жидких углеводородов, направляемых на смешение с товарной нефтью, в работе рассмотрены зависимости выхода легких жидких углеводородов, давления насыщенных паров легких жидких углеводородов и товарной нефти от температуры подготовки газа. Система рассматриваемых зависимостей:

$$\begin{cases} Q_{ЛЖУ}, ДНП_{ЛЖУ} = f(T_{охл}) \\ Q_{тн}, ДНП_{тн} = f(Q_{ЛЖУ}, ДНП_{ЛЖУ}) \\ ДНП_{тн} \leq 66,7 \text{ кПа} \end{cases} \quad (2)$$

где: $Q_{ЛЖУ}, ДНП_{ЛЖУ}$ – выход (кг) и давление насыщенных паров (кПа) ЛЖУ, соответственно; $Q_{тн}, ДНП_{тн}$ – выход (кг) и давление насыщенных паров (кПа) товарной нефти, соответственно; $T_{охл}$ – температура охлаждения газа, °С.

На основании решения данных зависимостей для вариантов подготовки попутного нефтяного газа определены условия работы, обеспечивающие необходимое извлечение ЛЖУ, смешение которых с нефтью не приводит к

увеличению давления насыщенных паров последней больше 66,7 кПа.

В четвертом разделе описан и обоснован предлагаемый автором способ утилизации низконапорного газа.

Изобретение разработано с целью утилизации низконапорного газа двухступенчатым компримированием с помощью эжекторов типа «газ-жидкость» и «газ-газ» до давления транспорта потребителю, а также повышения эффективности очистки нефтепромысловой сточной воды. Обеспечивает утилизацию низконапорного газа процессов сепарации и флотации.

На основе анализа (раздел 1) было показано, что компримирование низконапорного газа эжектором обладает рядом преимуществ. С учетом этого в работе предложен способ утилизации низконапорного нефтяного газа (патент 2412336 РФ) на промысле компримированием эжектором типа «газ-жидкость», в котором в качестве рабочей жидкости используют нефтепромысловую сточную воду, дальнейшее поступление полученной водогазовой смеси на ступень очистки нефтепромысловой сточной воды от нефти и отделение газа от нефтепромысловой сточной воды с использованием отделяемого газа в качестве флотореагента. Очищенная флотацией нефтепромысловая сточная вода направляется в резервуар для дальнейшей очистки методом гравитационного отстаивания и далее на кустовую насосную станцию для закачки в пласт, а отделившаяся в результате флотации нефть направляется на конечную сепарационную установку. Отделившийся при этом газ компримируется в эжекторе типа «газ-газ» с помощью высоконапорного газа первой ступени сепарации до давления транспорта потребителю и подается потребителю совместно с высоконапорным газом (Рис. 5).

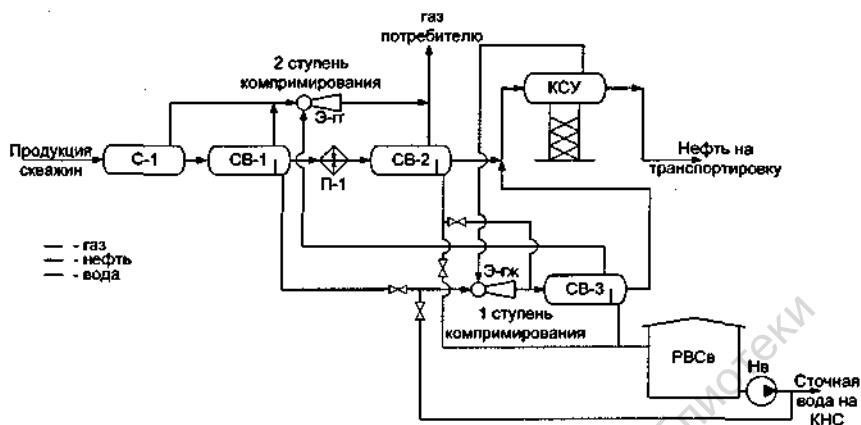


Рис.5. Принципиальная технологическая схема способа утилизации низконапорного газа: С-1, СВ-1 – первая ступень сепарации/обезвоживания нефти; П-1 – ступень подогрева; СВ-2 – вторая ступень сепарации/обезвоживания нефти; КСУ – конечная сепарационная установка; СВ-3 – ступень очистки воды методом флотации; РВСв – резервуар сточной воды; Нв – насос перекачки сточной воды; Э-гж – эжектор «газ-жидкость»; Э-гг – эжектор «газ-газ»

Предлагаемый способ отличается от существующих методов сбора и утилизации ПНГ:

- использованием эжекторов для обеспечения компримирования низконапорного газа до давления транспорта;
- использованием энергии рабочей жидкости первой ступени компримирования, подаваемой под собственным давлением, недостаток объема которой восполняется рециркуляцией;
- рециркуляцией водогазовой смеси первой ступени компримирования на ступень очистки подтоварной воды от нефти, где отделяемый газ используется в качестве флотоагента;
- использованием энергии активного газа второй ступени компримирования, подаваемого с давлением первой ступени

сепарации нефти.

В работе приведены расчеты, которые показывают, что предлагаемый способ обеспечивает экономию энергоресурсов, затрачиваемых на перекачку, применение рациональных режимов сепарации нефти обеспечивает более высокий выход нефти по сравнению с типовой технологией подготовки нефти и компримирования низконапорного газа. Экономическая эффективность предлагаемого способа утилизации низконапорного газа составляет 61,9 млн. рублей в год.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Обоснованы аргументы по необходимости извлечения легких жидких углеводородов из попутного нефтяного газа и смешению выделяемых легких жидких углеводородов с разгазированной нефтью с целью увеличения выхода последней и применения низкотемпературной конденсации в качестве основополагающей технологии подготовки попутного нефтяного газа и условия осуществления данной технологии.

2. Изучены зависимости выхода нефти и содержания фракций легких жидких углеводородов, растворенных в газе от давления 1-й и 2-й ступеней трехступенчатой сепарации, создана система практических рекомендаций по определению рациональных режимов трехступенчатой сепарации с целью увеличения выхода нефти и подготовки попутного нефтяного газа – снижения содержания фракций C4+ в газе, направляемом потребителю или возможной подготовки до требований к топливному газу и определены пределы и перспективы выбора рациональных режимов трехступенчатой сепарации нефти.

3. Определены пределы и перспективы практического использования расчета процесса промышленной сепарации нефти и подготовки попутного нефтяного газа для определения коэффициента извлечения легких жидких

углеводородов с целью выбора технологии подготовки попутного нефтяного газа.

4. Разработаны и внедрены технологии подготовки попутного нефтяного газа в зависимости от газового фактора пластовой нефти и состава газа сепарации, давления транспортируемого газа, температуры поступающего газа.

5. Разработан способ утилизации низконапорного газа (Патент 2412336 РФ), обеспечивающий использование низконапорного газа процессов сепарации и очистки нефтепромысловой сточной воды двухступенчатым компримированием с помощью эжекторов типа «газ-жидкость» и «газ-газ» до давления транспорта потребителю. Экономическая эффективность предлагаемого способа утилизации низконапорного газа составляет 61,9 млн. рублей в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Иванов С.С. Технологические решения подготовки низконапорных газов для обеспечения надежной работоспособности ГПЭС / М.Ю. Тарасов, С.С. Иванов // V конференция молодых специалистов организаций, осуществляющих виды деятельности, связанной с использованием участками недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры: Материалы науч.-практ. конф. г. Ханты-Мансийск, 16-18 февраля 2005. – Уфа.: ООО «Издательство научно-технической литературы «Монография»», 2005. – С. 241-245.
2. Иванов С.С. Подготовка нефтяного газа для питания газо-поршневых электростанций / М.Ю. Тарасов, С.С. Иванов // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 2. – С. 46-49.
3. Патент 2412336 РФ, С1 С10К 3/06. Способ утилизации низконапорного газа / С.С. Иванов, М.Ю. Тарасов (Россия). - № 2009132263/03; Заявлено 26.08.2009; Опубл. 20.02.2011, Бюл. № 5.

4. Иванов С.С. Требования к подготовке растворенного газа для питания газопоршневых двигателей / С.С. Иванов, М.Ю. Тарасов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 102-105.
5. Иванов С.С. Увеличение выхода нефти и снижение содержания легких жидких углеводородов в попутном нефтяном газе при проектировании установок подготовки нефти (часть I) / С.С. Иванов, М.Ю. Тарасов, А.А. Зобнин, В.Ю. Жиряков, А.Б. Зырянов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 8. – С. 138-140.
6. Иванов С.С. Увеличение выхода нефти и снижение содержания легких жидких углеводородов в попутном нефтяном газе при проектировании установок подготовки нефти (часть II) / С.С. Иванов, М.Ю. Тарасов, А.А. Зобнин, В.Ю. Жиряков, А.Б. Зырянов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 9. – С. 116-118.
7. Иванов С.С. Использование легких жидких углеводородов при эксплуатации систем промышленной подготовки, транспорта и реализации нефтяного газа / Н.Н. Андреева, М.Ю. Тарасов, С.С. Иванов // Нефтяное хозяйство. – 2011. – № 11. – С. 92-94.
8. Иванов С.С. Технологические решения реализации ПНГ в проектах Гипропроменнефтегаза / Н.Н. Андреева, М.Ю. Тарасов, С.В. Чернышев, С.С. Иванов // «Проблемы утилизации попутного нефтяного газа и оптимальные направления его использования. Энергоэффективность»: Материалы XXV юбилейного Всероссийского межотраслевого совещания, г. Геленджик, 27.09 – 1.10.2011 г. – Краснодар: Издательство «ЭДВИ», 2012. – С. 13-20.
9. Иванов С.С. Двухступенчатое компримирование низконапорного газа с помощью эжектора / М.Ю. Тарасов, С.С. Иванов // Наука и ТЭК. – 2012. – № 1. – С. 44-46.

Соискатель



С.С. Иванов

2012A
6727

12 - 67 27

Издательство «Вектор Бю»
Лицензия ЛР № 066721 от 06.07.99 г.

Подписано в печать 28.02.2012 г. Формат 60x84/16.

Бумага офсетная. Печать Riso.

Усл. печ. л. 1,44. Тираж 100 экз. Заказ 422.

Отпечатано с готового набора в типографии
издательства «Вектор Бю».

Лицензия ПД № 17-0003 от 06.07.2000 г.
625004, г. Тюмень, ул. Володарского, 45.
Тел. (3452) 46-54-04, 46-90-03.

Из фонда Российской национальной библиотеки