

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу *Прокопова Андрея Васильевича* на тему «*Совершенствование технологии промышленной подготовки газа газоконденсатных месторождений с высоким конденсатным фактором*», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Актуальность темы диссертационной работы.

Исторически сложившаяся динамика добычи природного газа в Западной Сибири характеризуется устойчивой тенденцией утяжеления добываемого сырья. Крупномасштабное освоение газовых ресурсов в основном газодобывающем регионе России началось около полувека назад с разработки сеноманских залежей, считавшихся чисто газовыми, с содержанием метана более 98%, и следовым (менее 0,1%) количеством фракций C_{3+} . С 1985 года началась разработка валанжинских залежей, в пластовых флюидах которых содержание C_{5+} и C_{3+} находится на уровне, 10 и 20 мас. % соответственно. В настоящее время дальнейшие перспективы развития газодобычи связаны с крупномасштабным освоением еще более тяжелых ачимовских отложений, в сырье которых содержание метана составляет порядка 50 мас. %, а доли C_{5+} и C_{3+} на уровне 30 и 40%. В связи с этим, в добываемом в регионе газе снижается доля собственно газовых компонентов (метан и отчасти этан) и растет содержание сжиженных газов и жидких углеводородов. Рост объема конденсирующейся жидкости в процессе подготовки все более тяжелого сырья приводит к увеличению теплоты конденсации и, соответственно, снижению эффективности охлаждения газа за счет перепада давления. При этом неизбежный капельный унос с сепарируемым газом все более тяжелого конденсата приводит к увеличению рисков его выпадения в газопроводах и возникновению технологических осложнений. Также по мере увеличения в добываемом сырье доли C_{5+} и C_{3+} растет экономическая значимость переработки этих фракций, что требует их более полного извлечения. Все эти факторы обуславливают необходимость совершенствования действующей промышленной технологии низкотемпературной сепарации для подготовки природного газа с повышенным содержанием конденсата, что и подтверждает актуальность выбранной автором тематики диссертационной работы.

Цель диссертационной работы.

Целью диссертационной работы, в соответствии с ее содержанием, являлось выполнение детальных расчетных исследований и выработка на их основе оригинальных, достаточно простых, но высокоэффективных технологических решений по увеличению степени извлечения фракций C_{5+} и C_{3+} и надежного обеспечения качества товарного газа в процессе промышленной подготовки тяжелых газоконденсатных флюидов.

Научная новизна исследования и полученных результатов.

В последние десятилетия появились достаточно мощные средства гибкого компьютерного моделирования технологических схем и оперативного выполнения по ним широкого спектра расчетов. Практика показывает возможность достижения с помощью этих средств моделирования вполне приемлемых по точности расчетных результатов, при этом на порядки превосходящих по информационной насыщенности самые развернутые эксперименталь-

ные исследования. Автор квалифицированно использовал данный инструментарий для подробных исследований всех действующих технологических схем промышленной подготовки конденсатосодержащего газа и детальной проработки способов их совершенствования. Выявленные и систематизированные им закономерности влияния состава подготавливаемого по различным технологиям газа на охлаждение потоков газа и конденсата, остаточное содержание C_{5+} в товарном газе, степень извлечения фракций C_{5+} и C_{3+} , а также влияние объема и состава капельного уноса конденсата по ступеням сепарации на точку росы товарного газа и количество выделяющихся из него жидких углеводородов являются новыми, как по постановке задачи исследований, так и по полученным результатам. Разработанные автором технологические решения по дополнительному извлечению фракций C_{5+} и C_{3+} из газов дегазации конденсата для различных схем промышленной подготовки также отличаются оригинальностью и новизной, как и предложенный способ низкотемпературной абсорбции на базе выделения и регенерации селективного абсорбента – углеводородной фракции конденсата оптимального состава, установленного по результатам расчетных исследований.

Практическая значимость работы.

Автором разработаны оригинальные технологические решения по дополнительному извлечению конденсата из газов дегазации для действующих и перспективных технологических схем промышленной подготовки газоконденсатных флюидов Ачимовских отложений. Реализация этих решений позволяет повысить качество товарного газа и увеличить степень извлечения фракций C_{5+} и C_{3+} из добываемого сырья. Для действующей технологической схемы низкотемпературной абсорбции газоконденсатного флюида Ямбургского месторождения также разработано оригинальное технологическое решение по выделению и регенерации селективного абсорбента оптимизированного состава с проведением абсорбции в области промежуточной сепарации, позволяющее увеличить степень извлечения фракций C_{5+} и C_{3+} из добываемого сырья, снизить капельный унос абсорбента и потери растворенного в углеводородах метанола с товарным конденсатом. По данным решениям выполнены технико-экономические расчеты, подтвердившие их экономическую эффективность и целесообразность практической реализации в проектах реконструкции промышленной технологии и проектах обустройства промышленных объектов.

Содержание диссертационной работы и ее завершенность.

Во введении автором изложены общие положения диссертационной работы. Относительно ее постановки раскрыта актуальность выбранной темы, проведен анализ выполненных по ней исследований и разработок, представлен объект исследований, цель и задачи работы. В части полученных результатов сформулированы положения научной новизны, теоретической и практической значимости, защищаемые положения; представлены методы выполненных исследований, критерии достоверности полученных результатов, публикации и доклады по тематике работы, конкретный вклад автора, объем и содержание работы.

В первой главе представлен анализ газодобычи в России и Западной Сибири – основном газодобывающем регионе, показано увеличение вклада газоконденсатных месторождений в общий объем добычи газа. Выполнен подробный анализ составов газоконденсатных флюидов и динамики их изменения в процессе разработки месторождений, требований к качеству газа и конденсата и направлений их дальнейшей переработки и реализации. Далее

проведен детальный анализ применяемых в отечественной практике технологических схем низкотемпературного разделения газоконденсатных флюидов, используемых в промышленных условиях для подготовки товарного газа и конденсата, а также в заводских условиях с целью глубокой переработки газа. Одним из важнейших элементов этого анализа является определение степени извлечения фракций C_{5+} и C_{3+} из подготавливаемого и перерабатываемого флюида в различных технологических схемах на различных температурных уровнях. В результате этих исследований сформулированы перспективные направления совершенствования низкотемпературных процессов промышленной технологии.

Во второй главе изложены результаты подробных расчетных исследований влияния состава газоконденсатного флюида на эффективность охлаждения газа при использовании процессов дросселирования и детандирования, и на степень охлаждения выделенного при сепарации газонасыщенного конденсата в процессе его дросселирования с целью дегазации, а также на степень извлечения фракций C_{5+} и C_{3+} и на содержание и состав фракций C_{5+} в товарном газе. На основе полученных результатов выведена корреляционное соотношение для оперативной экспертной оценки содержания фракций C_{5+} в товарном газе, подготовленного по схеме низкотемпературной сепарации на уровне -30°C . Далее представлены результаты расчетных исследований по подбору состава селективного абсорбента для извлечения индивидуальных углеводородов и различных фракций добываемого флюида, в результате которого определены оптимальные составы абсорбента для максимального извлечения целевых фракций (C_{3+} , C_3-C_4 , C_{5+}) в процессах низкотемпературной абсорбции. В завершающей части главы анализируется процесс измерения точки росы газа по углеводородам с помощью конденсационных приборов, и предлагается методика расчета этого показателя, адаптированная к результатам его измерений. В результате проведенных методических исследований диссертантом подготовлена аналитическая база для разработки представленных в следующих главах технологических решений.

В третьей главе представлен анализ действующей технологии промышленной подготовки газоконденсатных флюидов Ачимовских отложений Уренгойского месторождения, показаны основные ограничивающие факторы снижения температурного уровня сепарации для увеличения степени извлечения фракций C_{3+} и C_{5+} – резкое увеличение объема низконапорных газов дегазации конденсата. Для решения этой проблемы и перехода на более низкий температурный уровень подготовки газа разработана технология дополнительного извлечения конденсата из низконапорных газов дегазации в различных модификациях: для реконструкции действующей эжекторной схемы и для перспективных схем с применением дросселя и детандера, рекомендуемых для проектов обустройства новых участков Ачимовских отложений. Представлены характеристики и особенности разработанных вариантов, результаты их сравнительного технико-экономического анализа и рекомендации по практической реализации.

В четвертой главе подробно рассмотрена действующая технология низкотемпературной абсорбции газоконденсатного флюида Ямбургского месторождения, показаны ее недостатки. Разработаны два варианта её совершенствования на основе выделения и регенерации селективного абсорбента оптимизированного состава. Первый вариант предусматривает абсорбцию на действующем температурном уровне (минус 30°C), второй – на более высоком

уровне (минус 17 °С) в результате переноса процесса абсорбции в область промежуточной ступени сепарации. Второй вариант отличается более высокой эффективностью за счет снижения влияния капельного уноса абсорбента на точку росы и потерь метанола, растворенного в товарном конденсате. Технико-экономическая оценка разработанных технологических решений показала их приемлемую экономическую эффективность и, соответственно, целесообразность практической реализации в проекте реконструкции Ямбургского газоконденсатного промысла, а также в проектах обустройства новых месторождений.

Изложенные в диссертационной работе материалы полностью раскрывают цели, задачи и методологию исследований, отражают полученные результаты. Представленная автором работа является полноценным, завершенным научным трудом.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием современных программных комплексов – систем технологического моделирования, и включенных в них уравнений состояния и алгоритмов расчета физико-химических свойств, подтвердивших свою адекватность результатам физических измерений и экспериментальных исследований.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты расчетно-технологического анализа процессов промышленной подготовки газоконденсатных флюидов со средним и высоким содержанием фракций C_{3+} и C_{5+} и разработанные усовершенствованные технологии представляют теоретический и практический интерес, поэтому для широкого ознакомления с ними заинтересованных специалистов рекомендуется подготовить и опубликовать в открытой печати научно-технический обзор по основным результатам диссертации. С целью практической реализации представляется целесообразным подготовить и направить в ПАО «Газпром» на рассмотрение технические предложения по рекомендуемым технологическим схемам промышленной подготовки газоконденсатных флюидов для проектов разработки и обустройства месторождений.

Замечания и рекомендации по работе:

1. В работе не представлены названия систем технологического моделирования или других программных продуктов, использованных автором для выполнения расчетных исследований.
2. В работе указано на хорошее соответствие результатов расчетно-технологических исследований фактическим промышленным данным, возможность достижения которого сомнений не вызывает, однако целесообразно было бы показать хотя бы на одном примере сравнение расчетных и промышленных данных и уровень их отклонений.
3. В работе представлен анализ процесса измерения точки росы газа по углеводородам конденсационными приборами, показано несоответствие этих измерений расчетной температуре конденсации и разработана оригинальная методика расчетного определения точки росы, адаптированного к результатам измерений, однако следовало бы указать на несоответствие этих измерений истинной температуре конденсации, и существующую в настоящее время техническую возможность и целесообразность перехода на более строгий и информативный потоковый хроматографический анализ состава товарного газа.
4. Все разработанные в диссертации технологии направлены на повышение степени извлечения из добываемого сырья фракций C_{3+} и C_{5+} , что приведет к изменению объемов и составов

конденсатов, направляемых на переработку, поэтому целесообразно было бы отметить в выводах диссертационной работы необходимость прогноза изменения загрузки перерабатывающих мощностей и балансов переработки и реализации продукции при разработке программ практической реализации предложенных технологий.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не умаляют впечатления от рассматриваемой диссертации, как о законченной работе, выполненной на современном научно-техническом уровне.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям.

Основные положения диссертации отражены в опубликованных работах. Непосредственно по теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 8 статей в журналах и сборниках научных трудов, индексируемых в РИНЦ, из которых 7 работ опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает основное содержание диссертации и достигнутые результаты.

По тематике исследования, методам, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ в пунктах:

№ п/п 1 «Общие научные основы и закономерности физико-химической технологии нефти и газа. Молекулярное строение нефти и нефтяных систем, физико-химическая механика нефтяных дисперсных систем, их коллоидно-химические свойства и методы исследования»;

№ п/п 5 «Химмотологические аспекты физико-химической технологии нефти и газа»;

№ п/п 8 «Разработка новых процессов переработки органических и минеральных веществ твердых горючих ископаемых с целью получения продуктов топливного и нетопливного назначения»;

№ п/п 12 «Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты окружающей среды от вредных выбросов производств по переработке топлив».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация *Проконова А.В.* на тему «*Совершенствование технологии промышленной подготовки газа газоконденсатных месторождений с высоким конденсатным фактором*», представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную самостоятельно на высоком научном уровне, на актуальную тему, в которой получены новые и важные сведения о влиянии состава добываемого газоконденсатного флюида и технологической схемы его промышленной подготовки на эффективность охлаждения потоков газа и конденсата, качество товарного газа, степень извлечения пропана, бутана и жидких углеводородных фракций.

Соискатель продемонстрировал умение проводить качественное исследование закономерностей технологических процессов и физико-химических характеристик продуктов промышленной подготовки конденсатсодержащего газа в зависимости от составов добываемого сырья и эффективности работы оборудования, а также знание и умение использовать расчетные методы.

Научные положения и выводы, сформулированные автором, не вызывают сомнений. Результаты диссертационной работы оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью. Большая часть результатов отражена в публикациях и апробирована на профильных конференциях.

Диссертация *Прокопова Андрея Васильевича на тему «Совершенствование технологии промышленной подготовки газа газоконденсатных месторождений с высоким конденсатным фактором»* соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор *Прокопов Андрей Васильевич заслуживает* присуждения степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Кандидат технических наук, ведущий инженер,
Инженерно-технического центра ООО «Газпром переработка»,
ПАО «Газпром»

Касперович Александр Геннадьевич
« 07 » 05. 2019 г.

Подпись Касперовича Александра Геннадьевича
заверяю _____

_____ ФИО
заверяющего

117437, г. Москва, ул Островитянова, 15, корпус 1, офис ООО «Салават Инвест»;
телефон: 8 (495) 330-53-56; 8 (900) 900-42-09;
электронные адреса: KasperovichAG@gpp.gazprom.ru, kasper_old@mail.ru.

