УДК 62-22512, 62-225.56, 62-225.862.3, 608.4, 533.2, 533.722, 665.612.3, 62-736

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫСЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАВИТАТОРА-ИСПАРИТЕЛЯ В ГЛИКОЛЕВОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FIELD GAS TREATMENT BY USING A CAVITATOR-EVAPORATOR IN GLYCOL REGENERATION

Игнатченко Олег Андреевич
аспирант,
ассистент кафедры машин и оборудования
нефтяных и газовых промыслов,
Кубанский государственный технологический университет,
инженер по эксплуатации оборудования газовых объектов
I категории газокомпрессорной службы,
филиал ООО «Газпром ПХГ», «Краснодарское УПХГ»
ignatchenko.oleg2501@outlook.com

Игнатченко Дмитрий Андреевич
студент кафедры земледелие,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
mr.193rus@mail.ru

Аракелян Алина Григорьевна
магистр кафедры психологии и коррекционной педагогики,
Ставропольский государственный институт
alya.arakelyan.18@mail.ru

Аннотация. В работе представлена технология для повышения эффективности гликолевой регенерации на газовых промыслах. В состав ПХГ входят системы осушки газа. Проблема огненной регенерации гликоля заключается в больших затратах на топливный газ, работу насосов, закупку дорогостоящего и крупногабаритного оборудования, его монтаж и наладку. К тому же во время эксплуатации не редко возникают проблемы с тонкой настройкой вакуумной системы, борьба со сбоями и колебаниями. Для решения данных проблем предложена технология кавитационного выпаривания влаги и регенерации гликоля на газовых промыслах.

Ключевые слова: точка росы, влага, регенерация, гликоль, система осушки, топливный газ, насос, кавитация.

Ignatchenko Oleg Andreevich
Postgraduate Student,
Assistant of the Department of Machinery and Equipment of Oil and Gas Fields,
Kuban State Technological University,
Engineer for the Operation of Equipment of gas facilities of the I category of the gas compressor service,
branch of Gazprom UGS LLC,
Krasnodar UPKHG
ignatchenko.oleg2501@outlook.com

Ignatchenko Dmitry Andreevich
Student of the Department of Agriculture,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
mr.193rus@mail.ru

Arakelyan Alina Grigorievna
Master of the Department of Psychology and Correctional Pedagogy,
Stavropol State Institute
alya.arakelyan.18@mail.ru

Annotation. The paper presents a technology to improve the efficiency of glycol regeneration in gas fields. The UGS includes gas drying systems. The problem of fire glycol regeneration lies in the high costs of fuel gas, pump operation, purchase of expensive and bulky equipment, its installation and commissioning. In addition, during operation, it is not uncommon to have problems with fine-tuning the vacuum system, dealing with failures and fluctuations. To solve these problems, the technology of cavitation evaporation of moisture and glycol regeneration in gas fields is proposed.

Keywords: dew point, moisture, regeneration, glycol, drying system, fuel gas, pump, cavitation.

Во время эксплуатации газовых и газоконденсатных промыслов, в том числе подземных хранилищ газа, происходит отбор газа из скважин, сбор, отдача его в магистральный трубопровод и далее потребителю. Перед тем как отбираемый газ перейдёт потребителю - он проходит предварительную подготовку. На примере Краснодарского УПХГ в состав этой системы по ходу газа входит следующее оборудование: разделительные емкости, теплообменники, испарители, колоны регенерации, АВО, рефлюксные колоны [1, 2]. Иногда требования по передаваемому газу нарушаются за счёт недостаточной осушки газа до определённых величин влагосодержания (точки росы). Недостаточная подготовка передаваемого газа приводит к присутствию свободной влажности в струе газа – единственному из ключевых факторов, обуславливающему вероятность создания гидратов в системе оборудования. Гидраты, отлагаясь на внутренних стенках труб, стремительно сокращают пропускную способность газопроводов, а также становятся причиной аварийной остановки эксплуатационного оборудования и трубопроводов. Все эти проблемы приводят к штрафам за несоответствующее качество подготовленного газа, а также значительно увеличиваются трудовые и материальные затраты на ликвидацию гидратов на различном оборудовании.

В тоже время для выполнения осушки газа используют массообменные аппараты по типу абсорберов, которые с помощью метанола или гликоля удаляют влагу в потоке газа. При этом насыщенный гликоль проходит процесс регенерации с помощью целой системы оборудования. В состав

этой системы по ходу газа входит следующее оборудование: разделительные емкости, теплообменники, испарители, колоны регенерации, АВО, рефлюксные колонны. Вся проблема в том, что для работы всей системы регенерации уходит большое количество энергии, затраты на работу испарителей, где используется топливный газ для горения факела, а также топливный газ выветривания для колонн регенерации, также в состав затрат входит электроэнергия на работу АВО и насосов.

Поэтому разработка технологии и технических средств, направленных на повышение эффективности промысловой подготовки природного газа, является актуальной на сегодняшний день.

Для решения данной задачи в рамках исследований была проведена работа по поиску и экспериментальному обоснованию нового способа регенерации гликоля без применения испарителей, колон регенерации, АВО и рефлюксных колон, а также дано краткое описание комплексной технологии по регенерации гликоля с использованием кавитационных методов удаления воды в насыщенном гликоле [3].

Задачей исследований является усовершенствование способа регенерации гликоля с помощью кавитатора-испарителя, позволяющего производить выпаривание находящиеся воды (влаги) в потоке насыщенного 95 процентного гликоля до 99 процентов чистого гликоля на выходе [4, 5].

Предлагаемый кавитатор-испаритель представляет собой вихревую камеру, в которую под давлением и определенной частотой в зависимости от расхода подается насыщенных влагой гликоль [6].

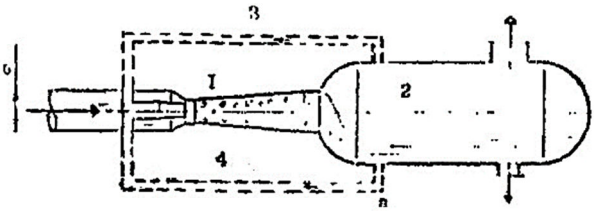

Рисунок 1 – Процесс выпаривания воды в потоке гликоля.
1 – сопло Вентури; 2 – емкость сепаратора; 3 – трубопровод для газовой фазы (пара);
4 – трубопровод для жидкой фазы (гликоля)

Данный способ испытан на экспериментальном стенде, а в перспективе применение кавитатора-испарителя планируется в системе регенерации Краснодарского УПХГ.

Экспериментальная установка, которая использовалась для изучения кавитации, показана на рисунке 2. Центробежный насос мощностью 7,5 кВт использовался для прокачки водопроводной воды через гидродинамический контур. Сменные осесимметричные кавитационные генераторы (кавитаторы) изготавливались из прозрачного материала (органического стекла) для визуального обнаружения возникновения кавитации [7]. Масштабная сетка с ячейками 1 см × 1 см использовалась в качестве эталона для измерения размера зоны кавитации. Для акустических измерений кавитационного шума использовался микрофон. Все компоненты системы были соединены с помощью 55-мм гибких труб.

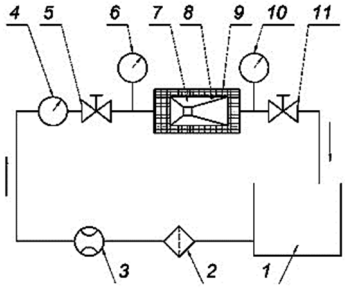

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки аудиовизуального определения параметров кавитации:
1 – бак; 2 – фильтр; 3 – расходомер; 4 – электроцентробежный насос;
5, 11 – клапаны регулирования давления на входе/выходе кавитатора;
6, 10 – манометры на входе/выходе кавитатора; 7 – осесимметричные сменные кавитаторы;
8 – микрофон; 9 – масштабная сетка

В этом исследовании использовались три различные конфигурации трубок Вентури (рис. 3).

Наименьший внутренний диаметр проходного сечения для всех испытательных камер составил 12 мм, длина 150 мм, внешний диаметр 40 мм.

Для каждой из испытательных камер экспериментально определены критические значения перепада давления для возникновения кавитации, а также геометрические характеристики кавитационных полостей при различных параметрах давления.

Чем выше будет абсолютная скорость жидкости в сжатом сечении кавитатора тем меньше давление в нем. Увеличить скорость можно путем закручивания потока (рисунок 4). Течение в этом случае будет поступательно-вращательным. [8] Такой вид течения можно реализовать в специальном разделительном оборудовании (рис. 5).

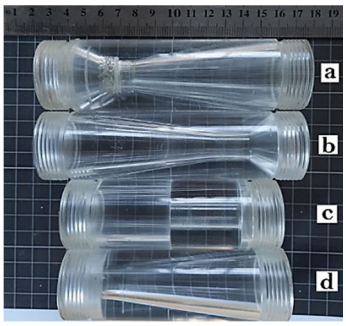

Рисунок 3 – Испытательные камеры (кавитаторы). Шкала сверху указана в мм:
a – Трубка Вентури с редуктором 60°, цилиндрической частью и диффузором 13°;
b – Та же геометрия, что и в первом случае, но перевернутая; c – Цилиндрическое сопло;
d – Коническая расширяющаяся на 13 градусов насадка

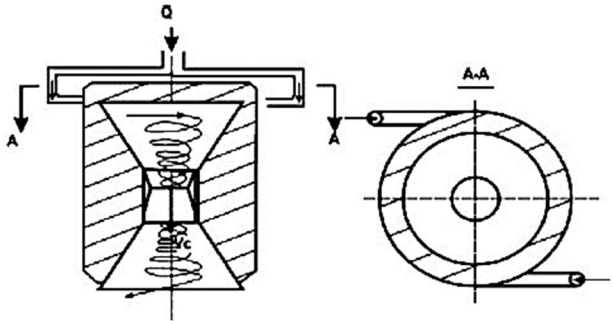

Рисунок 4 – Вихревой кавитатор-испаритель

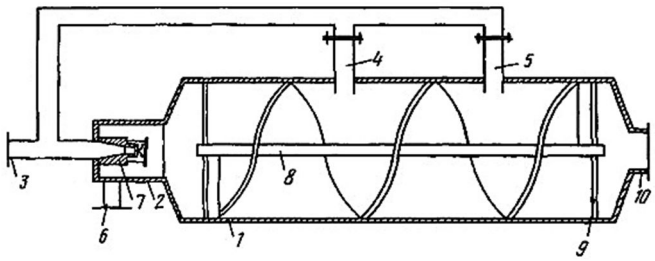

Рисунок 5 – Разделительное оборудование с установленным вихревым кавитатором-испарителем:
1 – корпус; 2 – вихревая камера; 3, 4, 5, 6 – подводящие патрубки; 7 – сопло с кавитатор-рассекателем;
8 – завихритель (шнек); 9 – опоры; 10 – выводящий патрубок

Данный способ позволит повысить эффективность работы систем регенерации гликоля на газовых промыслах.

Вихревой кавитатор-испаритель позволяет достичь явления кавитационной регенерации гликоля при меньших на 10–20 % значениях расхода в сравнении с ранее описанным кавитатором [9].

За счет схлопывание пузырьков происходит вибрация жидкости. Вибрация вызывает хаотические микроперемещения молекул воды. Процесс колебания частиц кинематически подобен движению частиц псевдоожиженного (вскипевшего) слоя. При этом частицы интенсивно трутся друг о друга, резко возрастает температура по сравнению с обычным подводом жидкости в кавитатор. В результате увеличивается эффективность кавитатора-испарителя [10].

Необходимо провести апробацию вихревого кавитатора-испарителя на действующем производстве. В связи с невозможностью оперативного внедрения в действующую схему работы регенерации ДЭГа в Краснодарском УПХГ предлагаю изготовить экспериментальный стенд из трубы НКТД 60 мм, патрубков малых диаметров и изготовить съемные насадки (трубки по типу Вентури и Ливаля), которые будут вкручиваться через внутреннюю резьбу в трубу НКТ. Также предусмотреть центральный выход для пара и на периферии крышки для выхода регенерируемого ДЭГа. В том числе предусмотреть датчики температуры и давления на входе и выходе из кавитатора. При работе измерять уровень шума в ДБ через программу Спектральный анализ Vityabro PRO. Система должна быть кольцевой и герметичной. Каждый час брать пробу анализа РДЭГа на показатель процентного содержания воды. По расчетным результатам анализа РДЭГа не должно превышать 1 % по воде, что будет говорить о правильной работе системы и соответствия практических результатов к моделируемым расчетным.

Список литературы:

1. ПАО «Газпром» Общество с ограниченной ответственностью «Газпром ПХГ» // Выписка из технологического регламента Подземного хранилища газа филиала ООО «Газпром ПХГ» «Краснодарского УПХГ»; с. Успенское. – 2019. – С. 313.
2. Игнатченко О.А. Разработка эффективных методов и способов охлаждения газа в компрессорной станции Краснодарского УПХГ / О.А. Игнатченко, А.А. Масалова, М.А. Киндюк // В сборнике: Прикладные вопросы точных наук. Материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – 2020. – С. 103.
3. Запорожец Е.П. Расчет пульсационного охлаждения в полузамкнутой емкости при периодической струйной подаче в нее многокомпонентного газа высокого давления / Е.П. Запорожец, Л.П. Холпанов // Журнал прикладной химии. – 1993 – Т. 66. – Вып. 7 – С. 1510–1546.
4. Ланчаков Г.А. Технологические процессы подготовки природного газа и методы расчета оборудования / Г.А. Ланчаков, А.Н. Кульков, Г.К. Зиберт. – М. : Недра, 2000. – 280 с.
5. Ахметов Р.Ф. Использование эффекта Ранка-Хильша в процессе фракционирования попутного нефтяного газа / Р.Ф. Ахметов, Г.М. Сидоров, Р.Д. Ильин // Актуальные вопросы в научной работе и образовательной деятельности. – Тамбов, 2014. – С. 13.
6. Виноградов В.Е. Экспериментальная установка для импульсного перегрева жидкостей в волне разрежения / В.Е. Виноградов, П.А. Павлов // В кн. Метастабильные состояния и фазовые переходы. – Екатиринбург : УрО РАН, 1998. – Вып. 2. – С. 60–64.
7. Влияние геометрии гидродинамически кавитирующего устройства на деградацию Orange-G, Ультрасон. Сонохим / Сахаран В.К., Ризвани М.А., Малани А.А., Пандит А.Б. – 2013. – Т. 20. – С. 345–353.
8. Сахаран В.К. Деградация красителя Reactive Red 120 с помощью гидродинамической кавитации / В.К. Сахаран, М.П. Бадве, А.Б. Пандит. – 2011. – С. 100–107.
9. Багал М.В. Очистка сточных вод с использованием гибридных схем очистки на основе кавитации и химии Фентона: обзор / М.В. Багал, П.Р. Гогейт // Ультразвуковая сонохимия – 2014. – Т. 21. – С. 1–14.
10. Гидродинамическая кавитация пнитрофенола: теоретическое и экспериментальное понимание / М. Капочелли, М. Пришиандаро, А. Лансия, Д. Мусмарра // Журнал химической инженерии. – 2014. – С. 254. – С. 1–8.

List of references:

1. PJSC «Gazprom» Limited Liability Company «Gazprom UGS» // Extract from the technological regulations of the Underground gas storage facility of the branch of Gazprom UGS LLC «Krasnodar UGS»; With. Uspenskoe. – 2019. – P. 313.
2. Ignatchenko O.A. Development of effective methods and methods for gas cooling in the compressor station of the Krasnodar UGS facility / O.A. Ignatchenko, A.A. Masalova, M.A. Kindyuk // In the collection: Applied issues of exact sciences. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students, Teachers, dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War, 2020. P. 103.
3. Zaporozhets E.P. Calculation of pulsation cooling in a semi-closed container with periodic jet supply of high-pressure multicomponent gas into it / E.P. Zaporozhets, L.P. Kholpanov // Journal of Applied Chemistry. – 1993. – Vol. 66. Iss. 7. – P.1510–1546.
4. Lanchakov G.A. Technological processes for preparing natural gas and methods for calculating equipment / G.A. Lanchakov, A.N. Kulkov, G.K. Siebert. – M. : Nedra, 2000. – 280 p.
5. Akhmetov R.F. Use of the Ranque-Hilsch effect in the process of fractionation of associated petroleum gas / R.F. Akhmetov, G.M. Sidorov, R.D. Ilyin // Current issues in scientific work and educational activities. – Tambov, 2014. – P. 13.
6. Vinogradov V.E. Experimental setup for pulsed superheating of liquids in a rarefaction wave / V.E. Vinogradov, P.A. Pavlov // In the book. Metastable states and phase transitions. – Ekatirinburg : Ural branch of the Russian Academy of Sciences, 1998. – Iss. 2. – P. 60–64.
7. Effect of geometry of hydrodynamically cavitating device on degradation of Orange-G, Ultrason. Sonochem / V.K. Saharan, M.A. Rizwani, A.A. Malani, A.B. Pandit. – 2013. – Vol. 20. – P. 345–353.
8. Saharan V.K. Degradation of Reactive Red 120 dye using hydrodynamic cavitation / V.K. Saharan, M.P. Badve, A.B. Pandit. – 2011. – P. 100–107.
9. Bagal M.V. Wastewater treatment using hybrid treatment schemes based on cavitation and Fenton chemistry: A review / M.V. Bagal, P.R. Gogate // Ultrasonics Sonochemistry – 2014. – Vol. 21. – P. 1–14.
10. Hydrodynamic cavitation of pnitrophenol: A theoretical and experimental insight / M. Capocelli, M. Prisciandaro, A. Lancia, D. Musmarra // Chemical Engineering Journal. – 2014. – Vol. 254. – P. 1–8.