

Создание и опыт эксплуатации винтовой компрессорной установки «сухого» сжатия 96ГВ285/19С для «Лукойл нефтохим Бургас» АД (Болгария)

Е.Р. Ибрагимов, Ю.А. Паранин (АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», Группа ГМС),

Н. Колев Kolev.Nikolay («Лукойл Нефтохим Бургас» АД),

В.Н. Миронов (БЕ «ГМС-Компрессоры» ООО «УК «Группа ГМС»)

Создана двухступенчатая винтовая компрессорная установка «сухого» сжатия факельного газа с непостоянным составом, зависящим от качества нефти. Отмечается, что газ коррозионно-активный, взрывоопасный, ядовитый, содержащий в своем составе полимеризующиеся компоненты в процессе сжатия. Приводятся особенности конструкции установки и ее технологической схемы, описание проблем при эксплуатации и пути их решения.

Ключевые слова: винтовая компрессорная установка, факельный газ, особенности конструкции и технологической схемы, проблемы эксплуатации и пути их решения.

Creation and operating experience of «dry» screw compressor unit 96GV285/19S for «Lukoil Neftochim Burgas» AD, Bulgaria

E.R. Ibragimov, Yu.A. Paranin (JSC «NIIturbokompressor n. a. V.B. Shnep», HMS Group), ***N. Kolev*** («Lukoil Neftochim Burgas» AD), ***V.N. Mironov*** (BU «HMS-Compressors» of Ltd company «MC «HMS Group»)

A two-stage screw compressor unit of «dry» compression of flare gas with a variable composition depending on the quality of oil was created. It is noted that the gas is corrosive, explosive, poisonous, containing in its composition polymerizable components in the process of compression. The features of the plant design and its technological scheme, description of problems in operation and ways of their solution are given.

Key words: Screw compressor unit, flare gas, design features and technological scheme, operational problems and solutions.

Всё возрастающие нормативы экологической безопасности химических и нефтехимических производств, а также значительный износ и выработка ресурса существующего оборудования требует от предприятий совершенствования технологии утилизации газов и замены ранее эксплуатирующегося оборудования. В таких производствах для сбора и утилизации сбросных газов широко используются винтовые компрессорные установки «сухого» сжатия.

Следуя современным тенденциям в области экологической безопасности АО «НИИтурбокомпрессор», в рамках реализации договора ОАО «Казанькомпрессормаш» на поставку компрессорной установки для «Лукойл Нефтохим Бургас» АД (Болгария), в 2012 г. разработало новую модель двухступенчатой винтовой компрессорной установки «сухого» сжатия для утилизации факельного газа.

Выбор ОАО «Казанькомпрессормаш» в качестве изготовителя был не случайным. Завод является ведущим в России и странах СНГ производителем компрессорного оборудования и полнокомплектных решений на базе компрессоров для различных отраслей промышленности. Сотрудничество с ведущим научно-исследовательским и проектным институтом АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» позволяет реализовывать комплексные решения и осуществлять поставку высокоеффективных и на-

дежных компрессорных установок для нефтегазового комплекса, энергетики, нефтехимической, металлургической и других отраслей промышленности любого уровня сложности и комплектации.

Давние партнерские отношения ОАО «Казанькомпрессормаш» и «Лукойл Нефтохим Бургас» АД в поставке центробежных машин и трехступенчатой винтовой компрессорной установки «сухого» сжатия 965ГВ 200/19С У2 (рис.1) позволили оперативно сформировать концепцию будущего проекта и уже к ноябрю 2011 г. приступить к его реализации.



Рис. 1. Трехступенчатая винтовая компрессорная установка «сухого» сжатия 965ГВ200/19С У2 (поставка 1996 г.)

Таблица 1

Состав сжимаемого газа

Наименование	Химическая формула	Объёмные доли, %	
		Мин.	Макс.
Водород	H ₂	10	45
Сероводород	H ₂ S	2	8
Метан	CH ₄	4	20
Этан	C ₂ H ₆	4	12
Пропан	C ₃ H ₈	20	40
i-Бутан	i-C ₄ H ₁₀	4	18
n-Бутан	n-C ₄ H ₁₀	8	20
n-Пентан	n-C ₅ H ₁₂	2	15

Таблица 2

Основные технические параметры компрессорной установки 96ГВ285/19С У2

Наименование параметра	Размерность	Значение
Объемная производительность, приведенная к условиям всасывания	м ³ /мин (м ³ /ч)	285,6 (17136)
Давление начальное, номинальное, изб.	МПа (кгс/см ²)	0,004 (0,04)
Давление конечное, номинальное, изб.	МПа (кгс/см ²)	1,8 (18,0)
Температура газа после ступени сжатия: первой ступени второй ступени	не более, °C	175 170
Мощность приводных электродвигателей: первой ступени второй ступени	кВт	1600 1400
Диапазон регулирования производительности установки изменением частоты вращения роторов приводных электродвигателей	%	100 ÷ 40 40 ÷ 0 (байпас)
Частота вращения ведущих роторов компрессоров при производительности установки 100%, об/мин: первой ступени второй ступени	об/мин	4455 8610

Новая установка предназначена для компримирования углеводородного факельного газа, поступающего из очистных технологических установок, на технологическом блоке АГФУ «Лукойл Нефтохим Бургас» АД. Учитывая возрастающие объемы производства, Заказчик выдвинул требования по увеличению производительности установки с 200 до 285 м³/мин по условиям всасывания.

Технологическая схема по усвоению и утилизации факельного газа, получаемого при нефтепереработке, включает в себя компримирование в компрессорной установке и последующее его разделение на газовые фракции.

Факельный газ – коррозионноактивный, взрывоопасный, ядовитый газ, содержащий в своем составе полимеризующиеся компоненты в процессе сжатия. Состав и количество газа, поступающего на всасывание компрессорной установки, непостоянен и зависит от вида и качества перерабатываемой нефти, нагрузки отдельных производств и технологических режимов. Состав сжимаемого газа приведен в табл. 1.

Приобретенный опыт эксплуатации компрессорной установки 96ГВ200/19С У2 на нестабильном составе факельного газа, изучение параметров и режимов установки позволили разработать компрессорную установку «сухого» сжатия 96ГВ285/19С У2 в двухступенчатом исполнении, основные технические параметры которой, указаны в табл. 2.

Исходя из специфических свойств факельного газа, к компрессорной установке предъявляются жесткие требования по материальному исполнению, обеспечению герметичности и взрывобезопасности. Учитывая опыт эксплуатации установки 96ГВ200/19С У2 было принято решение взять за основу, хорошо зарекомендовавших себя, компрессоры первой и второй ступени установки 96ГВ200/19С У2 и на их базе создать двухступенчатую компрессорную установку. Что позволило унифицировать основные узлы старой и новой установки.

Для увеличения производительности установки в состав первой ступени сжатия был введен мультиплексор, позволивший увеличить производительность с 200 до 285 м³/мин по условиям всасывания. Перераспределение давлений между ступенями, с учетом анализа реального составов газа за многолетнюю эксплуатацию, позволило отказаться от третьей ступени сжатия. А для возможности обеспечения требуемых параметров при сжатии газа с высоким содержанием водорода в технологическую схему установки был введен межступенчатый впрыск газового конденсата. Принципиальная газогидравлическая схема компрессорной установки представлена на рис. 2.

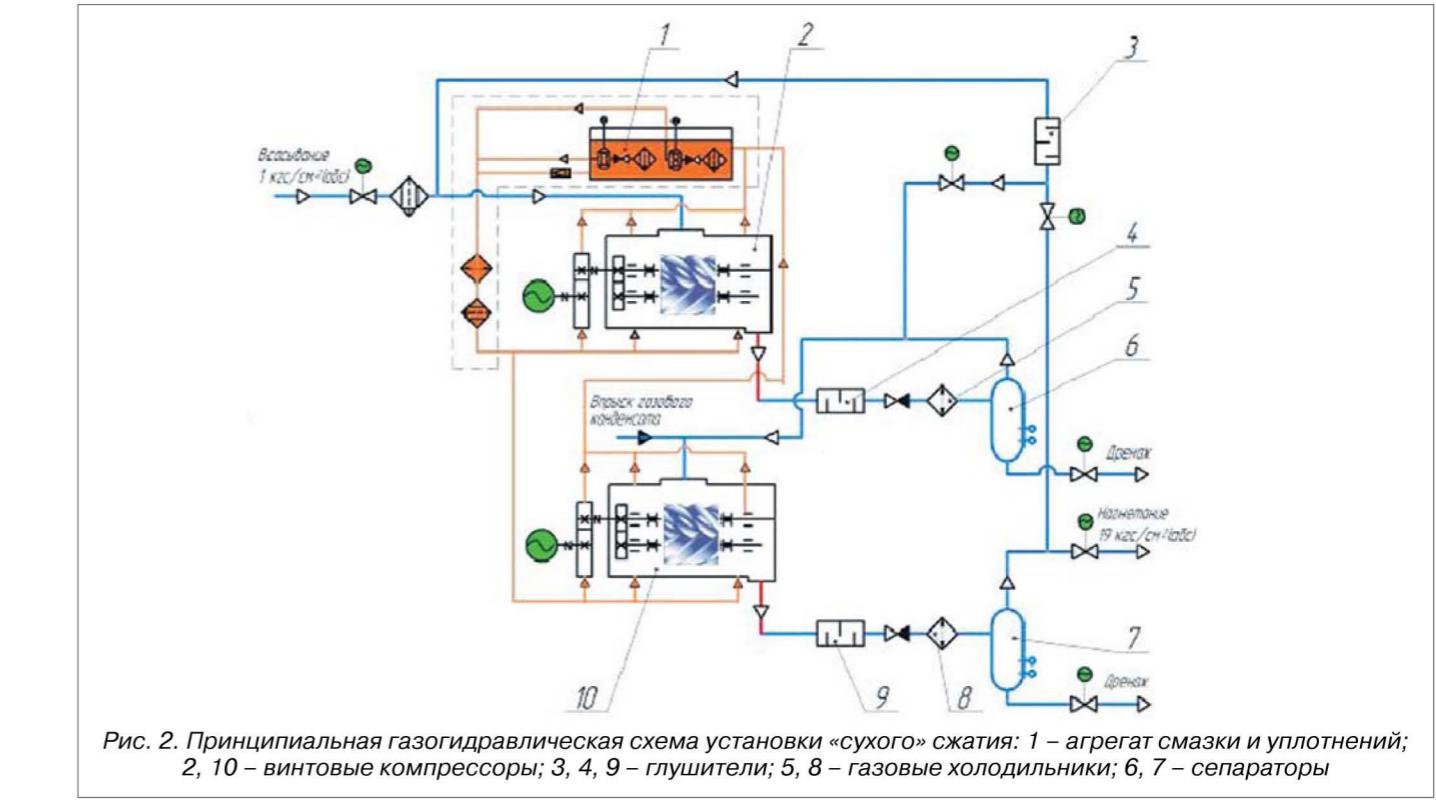


Рис. 2. Принципиальная газогидравлическая схема установки «сухого» сжатия: 1 – агрегат смазки и уплотнений; 2, 10 – винтовые компрессоры; 3, 4, 9 – глушители; 5, 8 – газовые холодильники; 6, 7 – сепараторы

Компрессорная установка представляет собой двухступенчатую винтовую машину, выполненную в виде законченных функциональных монтажных блоков полной заводской готовности: винтовые компрессоры первой и второй ступеней, основные электродвигатели, блок охлаждения газа, сепараторы первой и второй ступеней, глушители, агрегат смазки и уплотнений, система автоматического управления. Кроме этого, в состав установки входят система газовая, система смазки и уплотнений, система водяная.

Винтовой компрессор первой ступени 9ГВ (рис. 3) имеет корпус с горизонтальным разъемом рубашкой охлаждения; ведущий и ведомый роторы с наружными диаметрами 500 мм; опорные и опорно-упорные подшипники скольжения жидкостного трения; щелевые уплотнения с плавающими кольцами и газовым затвором.

Винтовой компрессор второй ступени 6ГВ (рис. 3) отличается от компрессора 9ГВ тем, что имеет вертикальный разъем корпуса и наружные диаметры роторов компрессора составляют 250 мм. В качестве уплотнений применены комбинированные уплотнения, состоящие из щелевых уплотнений с плавающими кольцами и односторонних торцевых уплотнений с масляным затвором, установленных между щелевыми уплотнениями и подшипниками.

Для снижения уровня звукового давления компрессоры 9ГВ и 6ГВ снабжены шумоглушающими кожухами. Система газовая включает в себя: фильтр

газа, регуляторы производительности, трубопроводы газовые, трубопроводы газового конденсата, запорную и регулирующую арматуру.

Система смазки и уплотнений, кроме агрегата смазки и уплотнений, включает в себя: бак аварийный системы смазки, бак аварийный системы уплотнений, запорную и регулирующую арматуру, трубопроводы.

Система водяная предназначена для отвода тепла от корпусов компрессоров, газовых холодильников и маслоохладителей и включает в себя: трубопроводы подвода, отвода и слива воды, запорную и регулирующую арматуру.



Рис. 3. Винтовые компрессоры первой и второй ступеней сжатия: справа винтовой компрессор 9ГВ, слева – 6ГВ



Установка 96ГВ285/19 У2 была изготовлена ОАО «Казанькомпрессормаш», винтовые компрессоры первой и второй ступеней сжатия прошли проверку при заводских испытаниях на стенде испытательного комплекса ОАО «Казанькомпрессормаш» и в 2013 г. поставлена на место эксплуатации. Это позволило в сжатые сроки выполнить монтаж, пусконаладку и сдать установку в эксплуатацию (рис.4).



Рис. 4. Компрессорная установка 96ГВ285/19С У2 на месте эксплуатации

При проведении пусконаладочных работ на реальном газе большое внимание было уделено настройке вибросостояния компрессорной установки. Учитывая высокие окружные скорости роторов и высокочастотную пульсацию газа на нагнетании компрессоров к работе были привлечены специалисты технологического университета г. Варна, в сотрудничестве с которыми проводилась настройка вибросостояния ранее поставленной установки 965ГВ200/19С У2. Обследование всех режимов работы, спектра и величин пульсаций газа позволили специалистам университета произвести расчет гасителей пульсаций газового потока, работающих в широком диапазоне изменения оборотов компрессоров. Была предложена и реализована новая конструкция гасителей пульсаций (глушителей) (рис.5), обеспечивающая снижение амплитуды пульсаций за счет ее поглощения и нейтрализации в специально спрофилированном внутреннем устройстве глушителей.

Активную помощь в решении проблемы оказали специалисты «Лукойл Нефтохим Бургас», предоставившие свою производственную базу для отработки технических решений. Дополнительные сложности в ходе эксплуатации вызывает наличие в газе диоксида углерода $[CO_2]$, являющимся результатом перегонки нефти и значительное количество аммиака $[NH_3]$, являющимся результатом процесса гидроочистки нефтяных фракций на катализаторах, что при высокой температуре нагнетания ступеней компрессорной установки приводит к образованию кристаллов гидрокарбонат аммония $NH_4[HCO_3]$ (или тешемахерит) в трубопроводах, глушителях (рис.6), сепараторах, в газовом тракте винтовых компрессоров, газоохладителях и т.д. Тешемахерит – твердое кристаллическое



Рис. 5. Гасители пульсаций: слева – штатный гаситель; справа – новой конструкции

вещество, белого или бледно-желтого цвета с сильным запахом аммиака.

Были рассмотрены различные варианты очистки газа, но это потребовало бы значительных капитальных затрат. Учитывая, что гидрокарбонат аммония имеет хорошую растворимость в воде, специалистами «Лукойл Нефтохим Бургас» было предложено при эксплуатации установки периодически проводить впрыск воды через штуцер патрубка всасывания компрессора. АО «НИИтурбокомпрессор» согласовало такое решение, которое позволило увеличить межремонтный цикл эксплуатации установок.

В настоящее время установка успешно эксплуатируется, обеспечивая утилизацию факельного газа при изменении компонентного состава в широком диапазоне и подтверждая все заложенные параметры, а реализованные технические решения обеспечивают безаварийную эксплуатацию в межремонтный период.

Реализованные технические решения компрессорной установки 965ГВ200/19С У2 дополнили технологический опыт эксплуатации не только в компании «Лукойл Нефтохим Бургас», но и на других, аналогичных по назначению, промышленных предприятиях. Накоплен опыт сотрудничества и оперативного взаимодействия между специалистами Заказчика «Лукойл Нефтохим Бургас», разработчика АО «НИИтурбокомпрессор», поставщика ОАО «Казанькомпрессормаш» и технологического университета г. Варна, который явился основой достижения итогового результата – создание экономичной и надежной компрессорной установки.



Рис. 6. Образование кристаллов гидрокарбонат аммония на элементе глушителя: справа - до образования кристаллов

