

Использование компрессорной установки с газотурбинным приводом для утилизации попутного нефтяного газа в рамках проекта «ЯРО-ЯХА» Яро-Яхинского НГКМ

Е.А. Конов, Р.Э. Самигулин

(АО «НИИтубокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», Группа ГМС)

Утилизация попутного нефтяного газа является приоритетной задачей газоперерабатывающей промышленности. Создание компрессорных станций на основе большого опыта проектирования компрессорных агрегатов позволяет повысить конкурентоспособность ОАО «Казанькомпрессормаш» в современных условиях.

Ключевые слова: утилизация попутного нефтяного газа, компрессорный агрегат, компрессорная установка, центробежный компрессор, сухие газодинамические уплотнения, газоперекачивающий агрегат, корпус низкого давления, корпус высокого давления, газ деэтанализации, сменная проточная часть.

Use of compressor unit gas turbine drive for disposal of associated petroleum gas in the «YARO-YAHA» project of Yaro-Yahinsk oil gas field

E.A. Konov, R.E. Samigulin

(JSC «NII tubocompressor n.a.V.B. Shnepp», HMS Group)

Disposal of associated petroleum gas is a priority for the gas processing industry. The development of compressor stations based on extensive experience in the design of compressor units makes it possible to improve the competitiveness of «Kazancompressormash» in modern conditions.

Keywords: associated petroleum gas disposal, compressor unit, centrifugal compressor, dry gas-dynamic seals, gas pumping unit, low-pressure housing, high-pressure housing, de-ethanization gas, replaceable flow part.

В рамках проекта «Компрессорная станция Яро-Яхинского НГКМ» потребовалось создание компрессорной установки (далее установки), работающей в составе агрегата газоперекачивающего ГПА-16, 34ГЦ2-138/7-117 ГТУ для компримирования попутного нефтяного газа (ПНГ) и газа деэтанализации (ГД).

В проекте применена схема исполнения центробежных компрессоров с параллельным расположением корпусов, преимуществом которой является удобство обслуживания при проведении замены сменных проточных частей (СПЧ), также преимуществом является возможность использования корпусов с вертикальным разъемом типа «баррель» на оба корпуса.

Аналогами проекта ДКС «Яро-Яхинского НГКМ» являются такие проекты как «Самбург», «Нортгаз» и «Юрхарово». Проекты прошли этапы шеф-монтажных и пуско-наладочных работ, сданы в эксплуатацию и показывают все требуемые характеристики. Конструкция и технические решения проектов полностью удовлетворяют требованиям нормативно-технической документации и, непосредственно, требованиям заказчика.

Главным отличием проекта ДКС «Яро-Яхинского

НГКМ» является использование сухих газодинамических уплотнений (СГДУ). Использование СГДУ значительно упрощает масляную систему и уменьшает, тем самым, габариты всей компрессорной установки. В России имеется ряд фирм-изготовителей, производство которых локализовано в России, также существует список отечественных фирм, которые готовы поставить данные изделия.

Проведя анализ исходных требований заказчика, учитывая параметры работы по годам и составы ПНГ и ГД, была выбрана схема двухкорпусной установки в составе газоперекачивающего агрегата 34ГЦ2-138/7-117 ГТУ с газотурбинным приводом. Также в комплект поставки входит технологическое оборудование: входной, межкорпусной, межсекционный и концевой сепараторы, аппараты воздушного охлаждения газа (АВОГ) и масла (АВОМ).

По компоновочной схеме установка располагается в малом ангаре, в нем размещены корпуса сжатия на раме с мультипликатором, системой смазки и сухими газодинамическими уплотнениями, газотурбинный двигатель со вспомогательными системами расположен в отдельном блоке за пределами ангарного укрытия.

Конструктивно укрытие ангарного типа (рис.1) представляет собой каркас из стального металлопроката, обшитый снаружи трехслойными панелями типа «сэндвич». Укрытие снабжено кран-балкой грузоподъемностью 8 тонн для выполнения регламентных и ремонтных работ по оборудованию, а также системами отопления, вентиляции, пожаротушения и освещения.

Также за пределами укрытия располагаются блок системы автоматического управления (САУ) и электроснабжения (ЭС) с системами жизнеобеспечения и агрегатный блок топливного газа (БТГ).

Газоперекачивающий агрегат ГПА-16, 34ГЦ2-138/7-117 ГТУ (рис. 2) представляет собой блочно-комплектный автоматизированный агрегат с двумя центробежными компрессорами (корпусом низкого давления и корпусом высокого давления), расположенными параллельно, с приводом от газотурбинного двигателя через мультипликатор зарубежного производства.

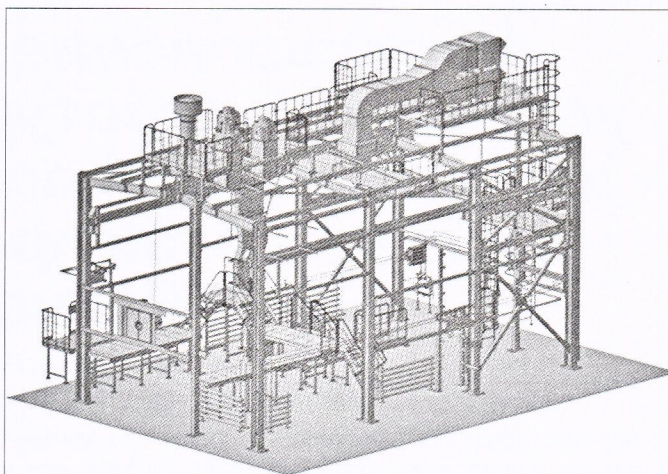


Рис. 1. Укрытие ангарного типа 34ГЦ2-138/7-117 ГТУ

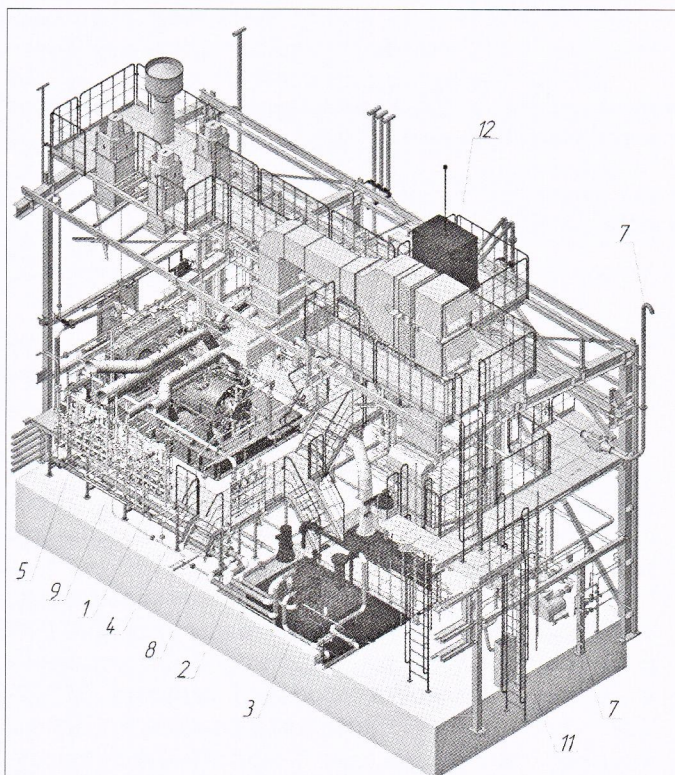


Рис. 2. Компоновка 34ГЦ2-138/7-117 ГТУ:

- 1 - агрегат компрессорный; 2 - система смазки;
- 3 - агрегат смазки; 4 - система дренажа;
- 5 - система технологического газа; 6 - блок насоса (не показан); 7 - система трубопроводов обеспечения;
- 8 - стойки приборов; 9 - система уплотнений;
- 10 - системы разводки импульсных и кабельных линий (входящих в объем поставки; не показаны);
- 11 - комплект лестниц и площадок обслуживания оборудования, расположенного внутри укрытия;
- 12 - аварийный маслобак; 13 - элементы системы автоматизации (не показаны)

Отметим, что АО «НИИтурбокомпрессор» готово разработать мультипликатор, полностью удовлетворяющий требованиям заказчика, используя при этом как свои многолетние наработки, так и опыт зарубежных компаний, работая с ними в тандеме (локализация), что, безусловно, приведет к высокой надежности и качеству выпускаемой продукции.

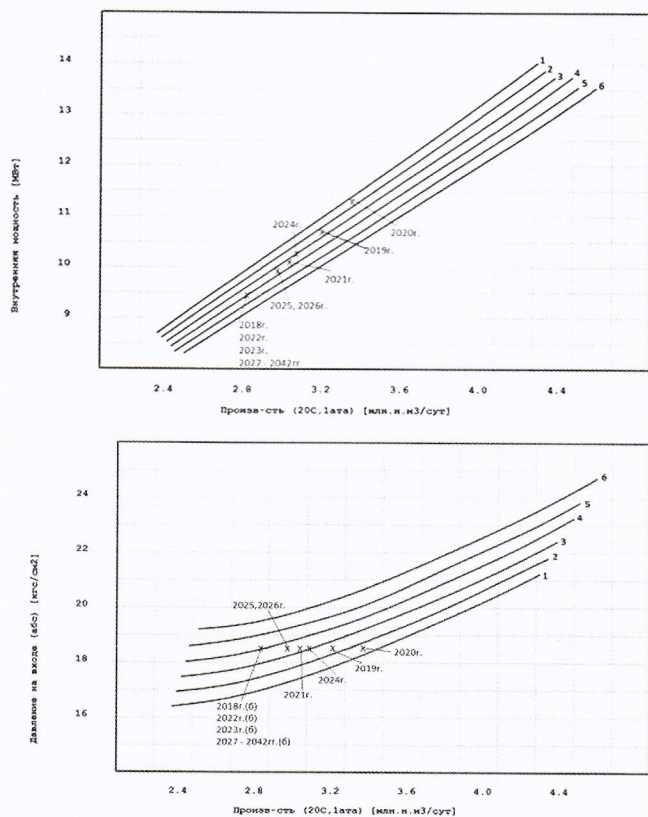
На основании проведенных расчетов, для выполнения требуемых параметров сжатия газа сконструированы корпуса низкого и высокого давления. Корпус низкого давления представляет собой цилиндрический односекционный четырехступенчатый корпус, с последовательным расположением ступеней без промежуточного охлаждения, с вертикальным разъемом. Корпус высокого давления - цилиндрический двухсекционный восьмиступенчатый корпус с промежуточным охлаждением между секциями, с расположением ступеней «спина к спине» для компенсации осевых усилий, с вертикальным разъемом.

Подшипники скольжения – масляные многослойные с самоустанавливающимися подушками. В качестве концевых уплотнений ротора корпусов применяются «сухие» (безмасляные) газодинамические уплотнения. В качестве барьерного газа используется воздух, подаваемый блоком воздуходувок на стойки управления.

Зависимость производительности от внутренней мощности и давления на входе при работе на смеси ПНГ и смеси ПНГ и ГД представлены далее (рис. 3, 4).

В соответствии с требованиями Заказчика, для уплотнения ротора компрессора применены торцовые газодинамические уплотнения. Стойки управления СГДУ располагаются в укрытии в непосредственной близости от корпусов сжатия.

Основной сборочной единицей установки является агрегат компрессорный (рис. 5), выполненный в виде функционального заверченного блока полной

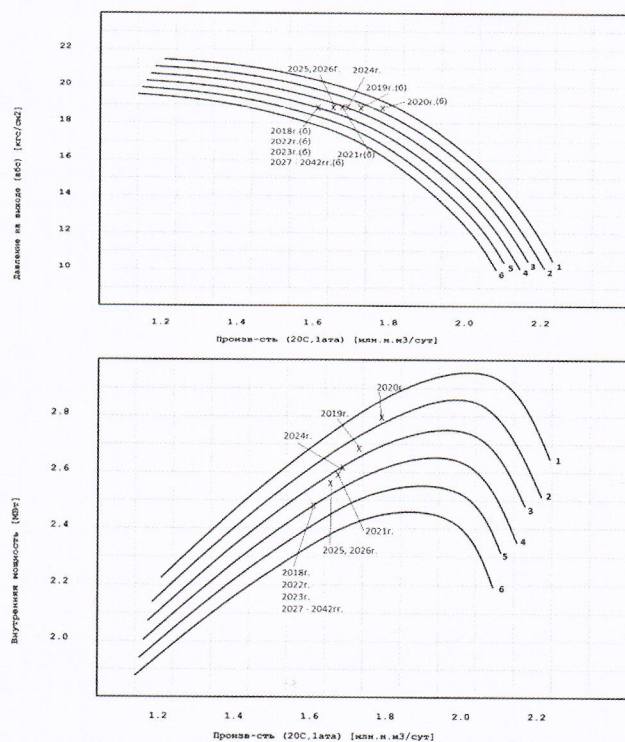


$P_{\text{вх}} = 117,27 \text{ кгс/см}^2$, $T_{\text{вх}} = 318 \text{ К}$, $R = 37,66 \text{ кгм/кг/К}$,
 $n_{\text{ном}} = 9318 \text{ об/мин}$. Частоты вращения: 1 – 1,02 $n_{\text{ном}}$;
 2 – 1,01 $n_{\text{ном}}$; 3 – $n_{\text{ном}}$; 4 – 0,99 $n_{\text{ном}}$;
 5 – 0,98 $n_{\text{ном}}$; 6 – 0,97 $n_{\text{ном}}$.

Рис. 3. Зависимости производительности от внутренней мощности и давления на входе при работе на смеси ПНГ и ГД

заводской готовности. Агрегат компрессорный состоит из двух, параллельно расположенных, корпусов низкого и высокого давления, мультипликатора, установленных на общей раме и размещенных на ней трубопроводов системы смазки, уплотнений и слива конденсата, импульсной и кабельной разводки.

Привод установки осуществляется от газотурбинного двигателя НК-16СТД номинальной мощностью 16 МВт производства АО КМПО (г. Казань) через повышающий мультипликатор. В качестве топливного используется газ, подготовленный после станционной системы установки комплексной подготовки газа. Для окончательной очистки, измерения расхода и подачи топливного газа в блок двигателя имеется агрегатный блок топливного газа, размещенный в непосредственной близости от блока двигателя под навесом. Соединение мультипликатора и корпусов сжатия агрегата – посредством «сухих» мембранных муфт. Муфты закрыты кожухами.



$P_{\text{вх}} = 7,59 \text{ кгс/см}^2$, $T_{\text{вх}} = 293 \text{ К}$, $R = 41,8 \text{ кгм/кг/К}$,
 $n_{\text{ном}} = 12516 \text{ об/мин}$. Частоты вращения:
 1 – 1,02 $n_{\text{ном}}$; 2 – 1,01 $n_{\text{ном}}$; 3 – $n_{\text{ном}}$; 4 – 0,99 $n_{\text{ном}}$;
 5 – 0,98 $n_{\text{ном}}$; 6 – 0,97 $n_{\text{ном}}$.

Рис. 4. Зависимости производительности от внутренней мощности и давления на входе при работе на ПНГ

Система смазки установки включает в себя две независимые системы: маслосистему ГТД и маслосистему компрессорного агрегата. Основное оборудование маслосистемы компрессорного агрегата расположено в укрытии, маслосистемы ГТД – в блоке двигателя. Привод основного насоса маслосистемы компрессорного агрегата осуществляется от мультипликатора. АВОМы обеих систем расположены в непосредственной близости от укрытия на свайных опорах с площадками обслуживания.

Установка оснащена микропроцессорной системой автоматического управления, обеспечивающей ее работу на всех режимах без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Управление установкой осуществляется САУ, которая обеспечивает:

- автоматическое регулирование производительности с поддержанием заданных параметров расхода и давления нагнетания;
- постоянный контроль за параметрами работы установки и вспомогательных систем (включая кон-

Наименование параметра	Значение	
	Корпус низкого давления	Корпус высокого давления
Производительность, приведенная к нормальным условиям (температура 293 К (20 °С) и давление 0,101 МПа (1,033 кгс/см ²), млн. нм ³ /сут.	1,648-0,066	3,015-0,12
Производительность по условиям всасывания, м ³ /мин	152,41 ^{-6,1}	120,506 ^{-4,82}
Давление газа начальное, кгс/см ² (МПа) абс.	7,59 (0,744)	18,5 (1,814)
Давление газа конечное, кгс/см ² (МПа) абс.	19,85 (1,95)	120,9 (11,86)
Температура газа на входе, К (°С), не более	293 (20)	318 (45)
Температура газа конечная, К (°С), не более	371,4 (98,4)	400,9 (127,9)
Отношение давлений	2,43	6,34
Частота вращения роторов корпусов сжатия, (номинальная), об/мин	12516±250	9318±186,4
Мощность потребляемая, номинальная, кВт	13840 ^{+553,6}	
Температура газа (после конечного АВОГ), °С, не более	Плюс 25 в летний период (при расчетной температуре окружающего воздуха плюс 20,7°С); плюс 10...15 в зимний период	
Частота вращения силовой турбины ГТД на номинальном режиме (не более), об/мин	5350	
Безвозвратные потери масла в маслосистеме компрессора (на один корпус сжатия) при работе установки, кг/маш.ч, не более	0,05	
Диапазон регулирования объемной производительности, в процентах от номинальной	0-104	
Рабочий диапазон изменения частоты вращения роторов агрегата, в процентах от номинальной	74-104	

Примечание - Расчетный режим – 2025 год, зима

троль виброперемещения и осевого сдвига), управление режимами для поддержания их регламентированных значений, необходимые сигнализации и останов (перевод в безопасное состояние) по заданной программе при отклонении от предусмотренных регламентом, допустимых значений параметров;

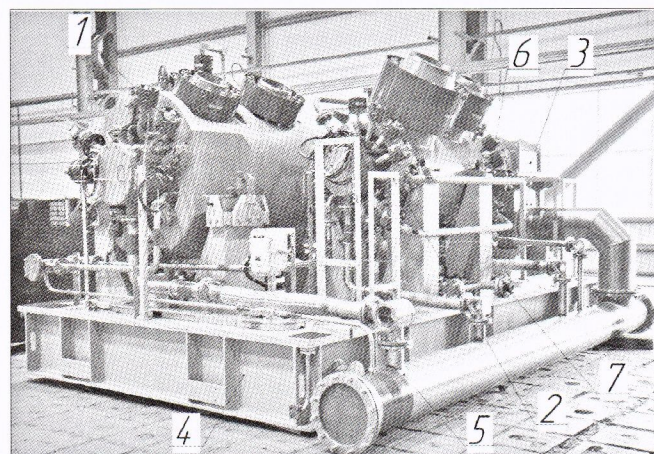


Рис. 5. Агрегат компрессорный:

- 1 – корпус высокого давления;
- 2 – корпус низкого давления; 3 – мультипликатор;
- 4 – рама; 5 – трубопроводы системы смазки;
- 6 – трубопроводы системы уплотнений;
- 7 – трубопроводы системы дренажа

— аварийный останов от кнопки с местной панели, с АРМ оператора, от кнопки аварийного отключения по месту (с автоматическим закрытием отсечных кранов на всасывании/нагнетании, открытием байпасных клапанов, рабочего газа и открытием арматуры на линиях сброса на факел);

— защиты установки от помпажа;

— прием и выдача физических сигналов от оборудования и приборов, не входящих в поставку установки.

САУ выполнена в шкафом управлении и размещается в отсеке блока САУ и ЭС.

При работе установки компримируемый попутный нефтяной газ поступает в проточную часть корпуса низкого давления, где происходит последовательное сжатие в четырех ступенях, затем после охлаждения в межкорпусном газоохладителе и осушки в межкорпусном сепараторе газ поступает в смеситель, где происходит его смешивание с ГД и смесь поступает на всасывание корпуса высокого давления. В корпусе высокого давления происходит последовательное сжатие в ступенях первой секции с промежуточным охлаждением в межсекционном газоохладителе и осушки в межсекционном сепараторе и, после сжатия в ступенях второй секции и охлаждения в конечном газоохладителе, газ поступает потребителю (рис. 6).

