№6 / 2022

WWW.COMPRESSORTECH.RU

КОМПРЕССОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

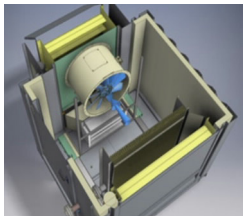
ОБ АНАЛИЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ В СОСТАВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ТУРБОМАШИНОСТРОЕНИИ. КОМПАНИЯ АО «ТУРБОХОЛОД»

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИАЛЬНООСЕВОЙ СТУПЕНИ ТУРБИНЫ (РОС) ТУРБОДЕТАНДЕРНОГО АГРЕГАТА СИСТЕМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТНОЙ СЕПАРАЦИИ (НТС) ПРИРОДНОГО ГАЗА

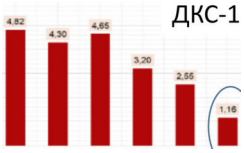
СОДЕРЖАНИЕ

------ **4** ПОЗДРАВЛЯЕМ ЖЕНИХОВА СЕРГЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА С 50-ТИЛЕТИЕМ!



------ **5** СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

И.И. Хабибуллин, Р.М. Низамутдинов (АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», бизнес-единица «ГМС Компрессоры»)

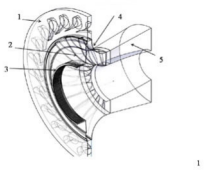


------ **7** ОБ АНАЛИЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ В СОСТАВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА

М.А. Воронцов[1,2], В.Е. Петропавлов[3], А.С. Грачев[1], А.В. Козлов[1]
[1] ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Российская Федерация, п. Развилка.
[2] ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина».
[3] ПАО «Газпром».

------ **11** ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ТУРБОМАШИНОСТРОЕНИИ. КОМПАНИЯ АО «ТУРБОХОЛОД»

И.А. Бабиченко, К.К. Соколов, А.А. Михайлов (АО «Турбохолод»)



------ **14** ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИАЛЬНООСЕВОЙ СТУПЕНИ ТУРБИНЫ (РОС) ТУРБОДЕТАНДЕРНОГО АГРЕГАТА СИСТЕМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТНОЙ СЕПАРАЦИИ (НТС) ПРИРОДНОГО ГАЗА

Л.Я. Лазарев[1], А.П. Черных[2], В.А. Михаленко[3], В.А. Фадеев[1]
[1] ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ».
[2] ООО НПП «Газэлектроприбор».
[3] ООО «Газпром Геотехнологии».

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

И.И. Хабибуллин[1], Р.М. Низамутдинов[1]
[1]АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» (Группа ГМС), г. Казань, Россия

Введение

На протяжение всей истории развитие новой техники связано с созданием более совершенных конструкции по сравнению с имеющимися на рынке образцами. Совершенствование и создание новой конструкции относиться к творческой составляющей работы конструктора, связанной с результатом анализа и интуицией, причем конструкции могут иметь незначительные или принципиальные отличия, расширяя возможности предшествующих конструкций. В данной работе представлены этапы совершенствования конструкции аппарата воздушного охлаждения масла (АВОМ)модульной конструкции.

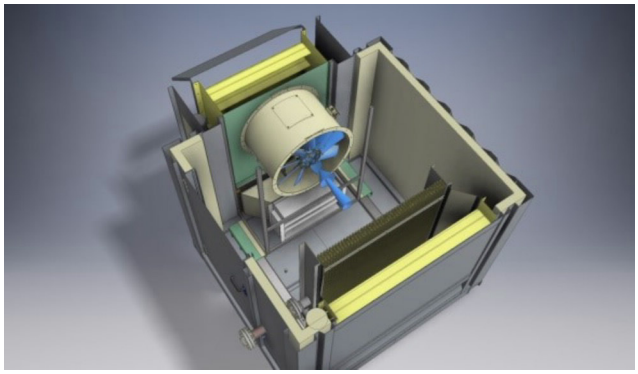


Рисунок 1. 3D модель АВОМ

Основная часть

Процесс создания новой конструкции АВОМ АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» совместно с ПАО «Казанькомпрессормаш» (Группа ГМС) начинался с технического задания (ТЗ), созданного на основание идеи создания АВОМ собственного производства и анализа рынка сбыта АВОМ, подбора технических параметров работы АВОМ применительно к компрессорным установкам с учетом минимальных затрат средств и времени на создание, производства и обслуживания в процессе эксплуатации потребителем, применяяCALS-системы производства.

На первом этапе создания нового образца АВОМ проведен анализ конструкций, имеющихся образцов на рынке и проблем, возникающих при эксплуатации данных АВОМ [1, 2], подобран наиболее подходящий аналог российского производства с подобными техническимипараметрами согласно ТЗ.

Вторым этапом, предложена конструкция АВОМ согласно расчетным данным по воздушному и масляному тракту, подобраны конструкции теплопередающих элементов с интенсификаторами тепломассобмена, проведены натурные эксперименты, подтверждающие работоспособность конструкции, создана 3D модель аппарата и проведено численное исследование с помощью САПР с целью экономии времени, средств и окончательного выбора исходной конструктивной схемы и оптимальных характеристик будущей конструкции [3, 4]. На рисунке 1представлена 3D модель опытногообразца АВОМ.

Третьим этапом выбирались материалы для всех элементов исходной конструкции и выпущена подетально рабочая конструкторская документация с учетом технологии производства и защищено авторское право в виде патента РФ [5]. В патенте подробно описаны режимы работы АВОМ и особенности конструкции. Основной экономический эффект предполагается достигнуть за счет максимального использования стандартных, покупных элементов конструкции без ущерба новым свойствам конструкции, обеспечивающимее конкурентоспособность.

На четвертом этапе проведена сборка опытного образцаАВОМ (рис.2).

Представленный аппарат воздушного охлаждения масла представляет собой блок-контейнер, который является корпусом – опорно-защитным элементом для размещения оборудования и изолирует внутренний объем от внешней среды, в котором расположен маслоохладитель, охлаждающийся воздухом, направленным по направляющей перегородке, вследствие работы на всасывание двух осевых вентиляторов. Регулирование расхода воздуха осуществляется по отлаженному алгоритму САУ, согласующему работу вентиляторов, оборудованных электродвигателями с преобразователями частоты, входного воздушного управляемого двухсекционного клапана и выходного воздушного трехсекционного клапана, изменяющих положение заслонок жалюзи с помощью взрывозащищенных электроприводов. Внутренняя рециркуляция нагретого электронагревателем воздуха осуществляется по рециркуляционному каналу при закрытых клапанах и одновременной работе вентиляторов. Маслоохладитель состоит из отдельных охлаждающих теплообменных секций, что повышает его эксплуатационные качества, облегчая техническое обслуживание и ремонт как отдельных секций, так и всего маслоохладителя, включая устранение засоров внутренних каналов.

Аппарат воздушного охлаждения масла работает следующим образом. Нагретое масло, получившее

Рисунок 2. Внешний вид аппарата воздушного охлаждения масла

тепло в системе смазки компрессорной установки поступает в маслоохладитель, где охлаждается. Режимы работы АВОМ обеспечиваются системой автоматического управления (САУ) и разделяются на режимы: «Разогрев», «Охлаждение» и «Охлаждение с рециркуляцией»,«Горячий резерв».

Концепция опытного образца АВОМ имеет совершенствования конструкции, в частности направляющие для канала подвода охлаждающего воздуха, трансформируемый блок-контейнер, позволяющий уменьшать габариты при транспортировке. Система автоматического регулирования осуществляется не только с помощью температуры, но и при помощи других параметров, важных при пуске маслосистемы. Режим «Разогрев» осуществляется как подогревом циркулирующего воздуха, так и масляными ТЭН. Работа в режиме «естественной конвекции» с точки зрения экономии электроэнергии осуществляется с помощью особого профиля каналов воздуха, применением маслоохладителя, представляющего собой совокупность отдельных оребренных труб с одним коллектором, позволяющим при необходимости осуществить установку второго ряда оребренных труб для повышения производительностиАВОМ в целом.

Проведены испытания согласно рекомендациям [6, 7] и дополнительные испытания с целью проверки в работе отдельных элементов и изделия в целом, совмещая различные виды проверки на одном испытании и упрощение программ испытаний с целью снижениязатрат.

В ходе испытаний конструкция опытного образца подверглась доработкам для всестороннего соответствия характеристик ТЗ, а именно по заключению согласно испытаний различной по конструкции теплообменной секции, площади теплообмена и нескольких видов течения теплоносителя в маслоохладителе (МО) (рис. 3), выбран наиболее оптимальный вариант, сохраняющий тождество увеличения интенсивности теплообмена (тепловой мощности) и уменьшения при этом гидравлический потерь при течении теплоносителя. Значения тепловой мощности и гидравлические потери в ограниченных габаритных размерах указаны ТЗ. Оптимальный вариант при заданных тепловой мощности, габаритах и гидравлическом сопротивлении в каналах теплоносителя (масла) представлен на рис. 3, в. Такая конструкция МО с двухрядным расположением теплообменных секций [8] и двухходовым течением масла обтекающих за один ход первый ряд секций и перетекающих во второй ряд имеет наиболее

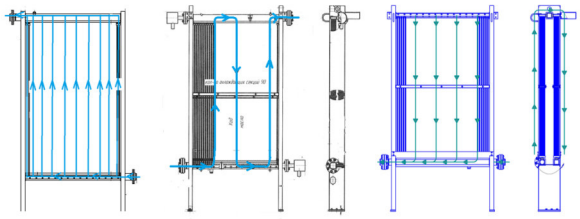


Рисунок 3. Различные варианты исполнения маслоохладителя: а – однорядный одноходовой; б – двухрядный трехходовой; в – двухрядный двухходовой

оптимальные значения гидравлического сопротивления,заданного ТЗ.

Заключение

В заключение пятым этапом запланированы ресурсные испытания АВОМ на одном из объектов нефтегазовой отрасли с целью окончательной доводки образца для исключения возможности аварий и принципиальных переделок, недопустимых в процессе серийного производства и эксплуатации. После необходимо провести работу по технологической отработке конструкции с сертификацией и серийным производствомизделия.

Списокиспользованных источников:

1. Кадыров, Р.Г. Аппараты воздушного охлаждения масла для компрессорных установок. Повышение эффективности/ Р.Г. Кадыров, И.И. Хабибуллин, Р.М. Низамутдинов, Ю.А. Паранин// Компрессорная техникаи пневматика-2019.- №1– с.35-42.

2. Интенсификация тепломассообмена в аппаратах воздушного охлаждения Хабибуллин И.И., Низамутдинов Р.М., Кадыров Р.Г. Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева.2018. Т. 74. №4. С. 55-60.

3. Хабибуллин, И.И. Численное моделирование процессов теплообмена в аппарате воздушного охлаждения масла / И.И. Хабибуллин, Р.М. Низамутдинов, Р.Г. Кадыров, И.В. Николаенко, М.В. Гуреев, С.В. Тиунов // Газоваяпромышленность-2019.- №2– с.84-90.

4. Определение рациональных компоновочных ре-

шений для аппарата воздушного охлаждения масла систем смазки компрессорных установок с использованием методов физического и численного моделирования Гуреев М.В., Хабибуллин И.И., Скрыпник А.Н., Маршалова Г.С., Попов И.А., Кадыров Р.Г., Гуреев В.М., Чорный А.Д., Жукова Ю.В. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук.2020. Т. 65. №2. С. 215-223.

5.Пат. 190872 U1Российская Федерация, МПК F16N 39/04 Аппарат воздушного охлаждения масла [текст]/ Низамутдинов Р.М., Хабибуллин И.И., Кадыров Р.Г.; заявитель и патентообладатель АО «НИИтурбокомпрессор». - № 2019109961; заявл. 04.04.2019; опубл. 16.07.2019Бюл. №20 - 4 с.

6. ГОСТ Р 51364-99 Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия – М.: ИПК издательствостандартов, 2000. – 63 с.

7. ГОСТ ISO 13706-2011 Аппараты с воздушным охлаждением. Общие технические требования – М.: Стандартинформ,2013 – 101с.

8. Пат. 2066036 С1 Российская Федерация, МПК F28F 1/26, F28F 3/04. Теплообменный элемент/ Деулин К.Н., Мельников С.Н.; заявитель и патентообладатель ООО фирма «Термокам». - № РД0039306; заявл. 07.08.2008;опубл. 20.09.2008, БИ: 26/2008. - 6 с.

ОБ АНАЛИЗЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ДОЖИМНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ В СОСТАВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА

М.А. Воронцов[1,2], В.Е. Петропавлов[3], А.С. Грачев[1], А.В. Козлов[1]

[1] *ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Российская Федерация, п. Развилка.*

[2] *ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина».*

[3] *ПАО «Газпром».*

Аннотация

Рассмотрены вопросы оценки функциональной надежности (ФН) работы дожимных компрессорных станций (ДКС) в составе технологических систем обустройства месторождений природного газа. Представлено обоснование актуальности исследования ФН ДКС, а также предложен методический подход к ееоценке.

Ключевые слова: дожимная компрессорная станция, основные целевые технологические функции, газоперекачивающий агрегат, функциональная надежность.

Введение

Дожимная компрессорная станция (ДКС) является критически важным элементом в составе технологических систем обустройства месторождений природного газа, что определяет высокие требования к ее надежности и эффективности. Это во многом обусловлено тем, что ДКС является практически единственным «активным» технологическим объектом, в том смысле, что именно ДКС обеспечивает повышение давления газа до значений, необходимых для осуществления процессов добычи, в то время как остальные технологические объекты газовых промыслов в основном являются «заказчиками и потребителями давления». Например, для работы систем подготовки газа и его передачи потребителям требуется обеспечить соответствующее (проектное) значение давления, в газосборных сетях неизбежно возникают потери давления, которые необходимо компенсировать и т.п. Кроме того, ДКС единственный объект, изменением режимов работы которого возможно скомпенсировать изменения условий эксплуатации газового промысла по мере естественного снижения пластовых давлений, что позволяет обеспечивать выполнение плановых производственных показателей. Соответственно, повышение надежности ДКС необходимо для повышения надежноститехнологического процесса добычи газа.

В общем случае различают задачи структурной и функциональной надежности (ФН) технических систем (ТС). Задачи обеспечения структурной надежности решаются с использованием методов традиционной теории надежности, которая исследует процессы отказов и восстановления объектов как ТС в целом, так и ее элементов. Анализ структурной надежности ТС в основном охватывает два состояния технических объектов – работоспособное и неработоспособное. При эксплуатации возникают и «промежуточные» состояния ТС, когда они в целом сохраняют работоспособность, но при этом не обеспечивают основные целевые технологические функции (ОЦТФ) в полном объеме, например, при отклонениях фактических условий работы ТС от проектных. Обеспечение целевых функций ТС в непроектных условиях эксплуатации относится к задачам обеспечения функциональной надежности [1, 2]. В данной статье рассматривается ФНДКС.

Методы анализа ФН сложных ТС в настоящее вре-