

УДК 621:608:629

ББК 34.4

С23

С23 СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ X Национальной научно-технической конференции. — М.: Союз машиностроителей России, 2021. — 76 с.

ISBN 978-5-6044664-1-4

Оригинал-макет: ООО «Адвансед солюшнз».

Подписано в печать: 30.03.2021

Формат 60x84, 1/8.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Тираж 100 экз. Заказ № 5921.

Отпечатано в ООО «Адвансед солюшнз».

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.



АППАРАТ ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

THE MODULAR AIR-TO-OIL HEAT EXCHANGER

Хабибуллин И. И., кандидат технических наук, ведущий инженер-конструктор
бюро теплообменной аппаратуры
АО «НИИтурбокомпрессор им. В. Б. Шнеппа»,
доцент кафедры теплотехники
и энергетического машиностроения
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А. Н. Туполева — КАИ»,
Низамутдинов Р. М., кандидат технических
наук, начальник бюро теплообменной
аппаратуры АО «НИИтурбокомпрессор
им. В. Б. Шнеппа»

Khabibullin I. I., Ph. D., a lead design engineer
of the bureau of heat exchange equipment
of NIIturbokompressor named after V. B. Schnepp
JSC, an Associate Professor of the Department
of "Heat Engineering and Power Engineering"
of Kazan National Research Technical University
named after A. N. Tupolev,
Nizamutdinov R. M., Ph. D., a supervisor of the
bureau of heat exchange equipment of
NIIturbokompressor named after V. B. Schnepp JSC

Данная публикация посвящена разработке аппарата воздушного охлаждения масла (АВОМ) модульной конструкции с решением основных проблем, возникающих при эксплуатации известных АВОМ российского производства на объектах газовой отрасли РФ. Разработка прошла стадии: теоретического исследования (анализ литературы, патентный обзор, анализ эксплуатации), экспериментального исследования отдельных элементов конструкции (теплогидравлические испытания отдельных оребренных труб с получением безразмерных характеристик), проектирования (проектный теплогидравлический расчет, 3D-моделирование, численное исследование 3D-модели на тепловые и аэродинамические характеристики, выпуск конструкторской документации), сборки АВОМ на производстве, проведения испытаний при разных режимах работы для получения безразмерных зависимостей. На данный момент АВОМ находится на этапе испытаний (доводки) согласно техническому заданию совместно с наладкой работы системы автоматического управления.

This publication is devoted to the development of an air-to-oil heat exchanger of modular design with solutions of the main problems that arise during the operation of well-known air-to-oil heat exchangers at the facilities of the gas industry of the Russian Federation. The development has gone through the following stages: theoretical research (literature analysis, patent review, exploitation analysis), experimental research of separate design elements (thermohydraulic tests of separate finned pipes to obtain dimensionless characteristics), design (design thermohydraulic calculation, 3D modeling, numerical study of the 3D model for thermal and aerodynamic characteristics, release of design documentation), assembly of the air-to-oil heat exchanger in manufacturing, testing under different operating modes to obtain dimensionless dependencies. Now, the heat exchanger is at the stage of testing (fine-tuning) according to the technical task together with the adjustment of the automatic control system.

Ключевые слова: интенсификация теплообмена, теплогидравлические параметры, аппарат воздушного охлаждения, компрессорная установка, газоперекачивающий агрегат.

Keywords: heat exchange intensification, thermal hydraulic parameters, air-to-oil heat exchanger, compressor unit, gas-pumping unit

Введение

Газодобывающая промышленность уже на протяжении многих десятилетий представляет собой важнейшую сферу экономики РФ. При транспортировке газа одну из ключевых ролей занимают газоперекачивающие агрегаты (ГПА), эффективность работы которых зависит от надежного функционирования систем смазки. При работе компрессорной установки (КУ) температура масла в узлах трения, как компрессора, так и приводного двигателя (независимо от его типа), неизбежно повышается на любом режиме ее работы. С целью обеспечения длительного ресурса эксплуатации КУ температуру масла необходимо поддерживать на оптимальном уровне за счет работы, выполняемой аппаратом воздушного охлаждения масла (далее — АВОМ).

Основная часть

Аппарат воздушного охлаждения масла (рис. 1) представляет собой блок-контейнер, который служит корпусом 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 за счет согласованной работы вентиляторов,



Рис. 1. Внешний вид аппарата воздушного охлаждения масла

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

На основе обзора публикаций о конструкции и анализе проблем, возникающих при работе АВОМ на объектах газодобывающей отрасли, предложена концепция опытного образца АВОМ со следующими внедрениями:

- направляющие для канала подвода охлаждающего воздуха;
- трансформируемый блок-контейнер;

Список литературы

1. Пат. 190872 У1 Российской Федерации, МПК F16N 39/04 Аппарат воздушного охлаждения масла [текст] / Р. М. Низамутдинов, И. И. Хабибуллин, Р. Г. Кадыров; заявитель и патентообладатель АО «НИИтурбокомпрессор». — № 2019109961; заявл. 04.04.2019; опубл. 16.07.20190 Бюл. № 20. — 4 с.
 2. 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 техника и пневматика. — 2019. — № 1 — С. 35—42.
 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 // Газовая промышленность. — 2019. — № 2 — С. 84—90.
- система автоматического регулирования осуществляется не только с помощью температуры, но и 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 с помощью особого профиля каналов воздуха;
- применение маслоохладителя, представляющего собой совокупность отдельных оребренных труб с одним коллектором, позволяющим при необходимости осуществить установку второго ряда оребренных труб для повышения производительности АВОМ в целом.
- Для получения предварительных данных с целью уменьшения затрат на проработку конструкции аппарата применялись системы автоматизированного проектирования (САПР) и численное моделирование процессов тепло- и массопереноса в программе CFD ANSYS® (FLUENT®), использовалась SST модель турбулентности, Standard с Scaleable пристеночной функцией, используя данные натурного эксперимента теплообменной секции для формирования начальных и граничных условий, адекватно конкретизирующих постановку задачи.
- По результатам численного исследования спроектирован и собран на заводе-изготовителе опытный образец АВОМ, который находится на этапе испытаний (доводки) согласно техническому заданию совместно с наладкой работы системы автоматического управления.
- По окончании стадии доводки модуля «вентилятор — теплообменная секция» по заданным параметрам и на основе проведенных испытаний с получением зависимостей в безразмерном виде запланирована модернизация рабочего прототипа АВОМ для отправки на ресурсные испытания на объект северного региона РФ, где, в свою очередь, испытания рабочего прототипа позволят получить данные и сформировать рекомендации для проектирования АВОМ, рассчитанных на различную производительность, используя принцип масштабирования исследуемых модулей.