

Разработка двухконтурного испытательного стенда для оценки тепловой эффективности и гидравлических сопротивлений теплообменных аппаратов

М. А. Лобанов, Г. Р. Латыпов*, Т. Р. Хафзетдинов

Башкирский государственный университет

Россия, Республика Башкортостан, 450078 г. Уфа, улица Мингажева, 100.

**Email: latypov-gazinur@bgutmo.ru*

В данной статье рассматривается устройство, принцип работы и модернизация испытательного стенда, дающего оценку гидравлических сопротивлений и тепловой эффективности различным прототипам теплообменных аппаратов. Модернизация действующего испытательного стенда была проведена с целью повышения его технического уровня и эксплуатационных параметров – точности измерений, безопасности работы, легкости при монтаже и демонтаже. Выполненная работа по модернизации испытательного стенда позволила устранить влияние определенных факторов на корректность конечных данных экспериментов.

Ключевые слова: аппарат, охлаждение, испытание, теплообмен, модернизация, лаборатория, эффективность.

В данной статье рассматривается устройство, принцип работы и модернизация испытательного стенда, дающего оценку гидравлических сопротивлений и тепловой эффективности различным прототипам теплообменных аппаратов (далее испытательный стенд) [2–3]. Модернизация действующего испытательного стенда была проведена с целью повышения его технического уровня и эксплуатационных параметров – точности измерений, безопасности работы, легкости при монтаже и демонтаже.

В одном контуре расположен лабораторный прототип аппарата воздушного охлаждения, который изображен на рисунке 1 [1].

Он несет в себе две функции: охлаждение рабочей среды для ее повторного использования в эксперименте и оценка тепловой эффективности как различных компоновок трубного пучка, так и конструкции и материального исполнения оребренных труб (шаг ребер, диаметр оребрения, материал оребрения и т.д.) [2].

Сам испытательный стенд состоит из двух контуров. В одном контуре рабочая среда подогревается в ТЭНе и охлаждается в испытуемом теплообменнике. Во втором контуре другая рабочая среда подогревается в вышеуказанном теплообменнике и охлаждается в аппарате воздушного охлаждения (АВО) [2].

Устанавливать необходимые параметры узлов двухконтурного стенда, а именно температуру, давление, скорость воздуха и расход теплоносителей на входе можно при помощи панели управления. Панель установлена на локальном сервере компьютера и доступна через веб-интерфейс (рисунок 2). Регулируя эти параметры, можно добиться ситуаций, идентичных реальным условиям эксплуатации. Тем самым, в результате эксперимента, получаем необходимые данные [5].



Рис. 1. Второй контур испытательного стенда.

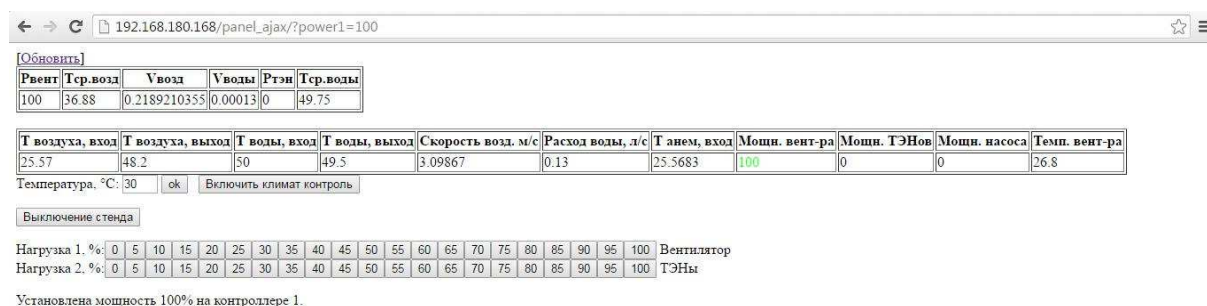


Рис. 2. Панель управления испытательным стендом.

Компоненты лабораторного испытательного стенда представлены на рисунке 3.

Показания всех измерительных датчиков регистрируются микроконтроллерами, обрабатываются и передаются в компьютер, где через панель управления пользователь может увидеть нужную ему информацию.

Рабочая среда поступает в первый контур через шланг и вентиль 25. Напор воды создается центробежным насосом 7, расход которого контролируется расходомером 9. Давление на входе контролируется датчиком давления 17, а температура термодатчи-

ком 12. Регулирование расхода производится моторизированным шаровым краном 21. Подогрев рабочей среды до необходимой температуры осуществляется в теплоэлектронагревателе 3. Перед возвратом рабочей среды в ресивер 5, давление регулируется моторизированным шаровым краном 24, а измеряется давление на выходе датчиком давления 20 и термодатчиком 15. Воздух и водяной пар (при наличии) высвобождается из контура стенда через клапан Маевского 28 [4].

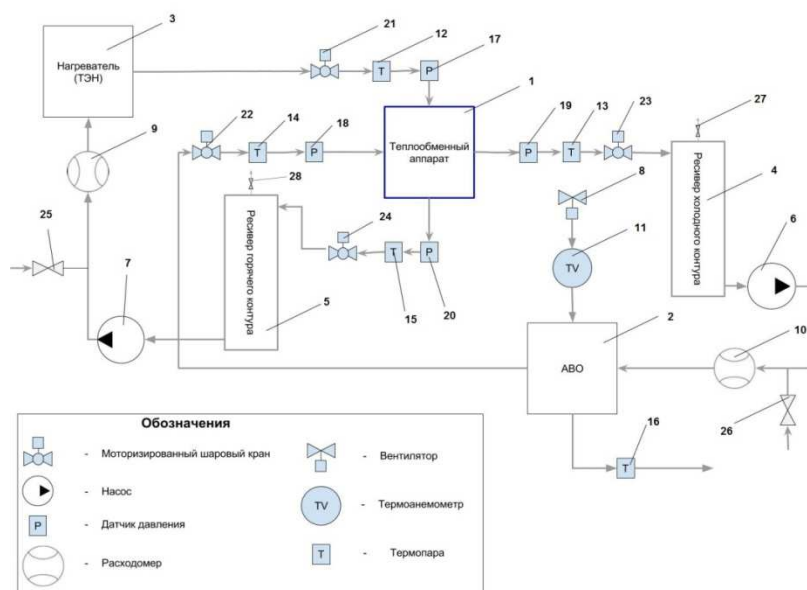


Рис. 3. Принципиальная схема двухконтурного стенда.

Аналогично технологический процесс происходит и во втором контуре, где подогретая жидкость охлаждается в аппарате воздушного охлаждения. Воздух на входе в АВО измеряется термоанемометром 11, регистрирующим скорость потока воздуха. На выходе температура теплого воздуха регистрируется датчиком 16. На позиции 8 обозначен вентилятор, работающий в режиме подачи воздуха в теплообменную секцию. Обратное направление воздуха не рекомендуется в связи с трудностью подвода холодного воздуха из системы вентиляции к верхней части прототипа АВО [1].

Все показатели датчиков измеряются, обрабатываются и записываются при помощи микроконтроллеров, расположенных в электрическом щите.

Обслуживание теплообменников является ключевым мероприятием, гарантирующее бесперебойную работу систем отопления и нагрева рабочих сред. Все обслуживание теплообменников должно проводиться быстро и максимально компетентно. В рамках обслуживания проводится промывка, чистка элементов системы теплообмена, настройка и запуск в эксплуатацию.

Модернизация проводилась с целью устранения уязвимых мест, негативно влияющих на получение корректных результатов (рисунок 4). Были выполнены работы по доработке каркаса прототипа АВО с целью повышения его прочностных характеристик и устойчивости. Были приварены стойки для размещения на них коллекторов с целью устранения перегибов шлангов.



Рис. 4. Двухконтурный испытательный стенд после модернизации.

Еще немаловажный фактор, на который стоит уделить особое внимание при проведении экспериментов на испытательном стенде, – это точность и допустимые погрешности контрольно-измерительных приборов, а также влияние окружающей среды. Было предположено, что воздух в зоне испытательного участка может прогреваться с течением времени. Нами был выполнен ряд замеров температур во время пробного запуска испытательного стенда. Показатели температуры воздуха на входе с течением времени изменялись, чего быть не должно. Это может повлиять на точность полученных данных после эксперимента [5].

В связи с этим было решено провести модернизацию вентиляционной системы в зону испытательного участка.

Был составлен и выполнен план работ по модернизации вентиляции:

- 1) выполнить замеры, разметку технологических отверстий;
- 2) сделать технологические отверстия для монтажа воздуховодов;
- 3) соединение воздуховода с корпусом вентилятора;
- 4) подводка воздуховода к технологическому отверстию и последующий монтаж;
- 5) монтаж решетки с фильтром;

- 6) монтаж электропроводки;
- 7) монтаж вентилятора системы вытяжки;
- 8) монтаж воздуховода системы вытяжки;
- 9) монтаж колена на выходе воздуха из прототипа аппарата воздушного охлаждения.

После проведенных работ по установке вентиляции, мы запустили испытательный стенд и провели контрольные замеры температур на входе. Температура с течением времени оставалась постоянной с погрешностью ± 0.018 °C.

Выполненная работа по модернизации испытательного стенда позволила устранить влияние определенных факторов на корректность конечных данных экспериментов.

Литература

1. Абдеев Э. Р. Проектирование энергоэффективной теплообменной аппаратуры с эвольвентно-профильными элементами / Абдеев Э. Р., Лобанов М. А., Дацкевич М. А. Международная научно-практическая конференция «Инновации в производстве и подготовке технических кадров». Казахстан, г. Актобе, АРГУ им. К. Жубанова, ноябрь 2016. С. 138–140.
2. Абдеев Э. Р. Исследование энергоэффективности различных компоновок трубных пучков аппаратов воздушного охлаждения / Мицкевич П. В., Швецов М. В., Абдеев Р. Г., Кузнецов В. А. Нефтегазовое дело. Том 6, УГНТУ, 2012. С. 404–418.
3. Лобанов М. А. Разработка энергоэффективного кожухотрубчатого теплообменного аппарата эвольвентно-профильного типа / Выпускная квалификационная работа магистра, Инженерный факультет БашГУ, Июнь 2017. – 82 с.
4. Абдеев Э. Р. Проектирование энергоэффективной теплообменной аппаратуры с эвольвентно-профильными элементами / Абдеев Э. Р., Лобанов М. А. II Всероссийская научно-практическая молодежная конференция с международным участием «Современные технологии композиционных материалов» – Уфа, БашГУ, 2016. – С. 146–148.
5. Лобанов М. А. Исследование тепловой эффективности трубных пучков оребренных труб аппаратов воздушного охлаждения / Дацкевич М. А., Лобанов М. А. Международная научно-техническая конференция "Современные технологии в нефтегазовом деле – 2017", Сборник трудов. Том 2. УГНТУ, филиал в г. Октябрьском, 31 марта 2017, С. 140–143.

Статья рекомендована к печати кафедрой технологических машин и оборудования Инженерного факультета Башкирского Государственного университета (к.т.н., доцент Юминов И. П.)

Development of a two-circuit test device for evaluation of thermal efficiency and hydraulic resistances of heat exchangers

M. A. Lobanov, G. R. Latypov*, T. R. Hafzetdinov

Bashkir State University

32 Zaki Validi Street, 450074 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia.

**Email: latypov-gazinur@bgutmo.ru*

This article deals with the construction, operating principle and modernization of the test device, which provides an assessment of hydraulic resistance and thermal efficiency to various prototypes of heat exchangers. Modernization of the existing test device was carried out in order to improve its technical level and operational parameters – accuracy of measurements, safety of operation, ease of installation and dismantling. The performed work on modernization of the test device allowed eliminating the influence of certain factors on the correctness of the final experimental data.

Keywords: apparatus, cooling, testing, heat exchange, modernization, laboratory, efficiency.