

# **ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Т. Н. Никулина**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Овсянник

При проектировании изделий, предназначенных для нагрева или охлаждения воздуха, выполняют теплотехнический расчет теплообменных аппаратов.

Наиболее трудной задачей является определение коэффициентов теплоотдачи к воздуху от стенки аппарата и от второй, участвующей в теплообмене среды, к той же стенке. Известно, что аналитическое решение теплоотдачи твердому телу для практических задач пока не найдено, поскольку не удается получить уравнения для распределения скоростей и температур в среде, омывающей твердое тело. Значительная часть сведений о процессах переноса теплоты получена экспериментально, а инженерные расчеты теплоотдачи в основном построены на экспериментальных сведениях. Аэродинамическое и гидравлическое сопротивление протекающих через теплообменник сред также рассчитывают по данным экспериментальных исследований.

Для получения требуемых при расчете зависимостей испытывают серию теплообменников в номинальных условиях. Применительно к трубчато-пластинчатым теплообменникам серию представляют аппараты с трубками одного диаметра и пластинами одной конфигурации, испытываемые на одном и том же тепло- или хладоносителе. На основании полученных данных разрабатывают таблицы, диаграммы, графики и тому подобное для характеристик теплообменников при иных условиях работы: начальных температурах сред, скоростях тепло- или хладоносителя, давлении пара, концентрациях растворов. Как правило, диапазон представленных условий соответствует применяемому на практике. При этом точность таблиц и диаграмм обеспечивается тем, что диапазон скоростей воздуха и шагов ребер должны соответствовать исследованным при испытаниях. Преимущество экспериментального метода получения данных о теплопередаче и потерях давления сред в том, что можно получить эту информацию, не имея полного представления о механизмах протекающих процессов, и затем уверенно ею пользоваться.

Однако результаты испытаний можно применять только к теплообменникам с такими же конструктивными элементами, что у испытанной серии. Испытания, их обработка, изготовление аппаратов для испытаний и самого испытательного оборудования трудоемки, дороги и требуют значительного времени.

Систематизация и анализ данных испытаний способствуют разработке аналитических и численных методов и разработке в дальнейшем на их основе более эффективных теплообменников: с более высокими коэффициентами теплоотдачи и сниженными потерями давления сред. А пока только эксперименты и эмпирические зависимости показывают, является ли теплообменный аппарат новой конструкции эффективнее предыдущих, и не указывают, что следует сделать, чтобы увеличить его эффективность.

Стенд предлагается использовать для проведения квалификационных, приемочных, периодических испытаний теплообменников, проведения исследований влияния различных технологий изготовления теплообменника и материалов на теплотехнические свойства изделий.

Состав стенда включает в себя: аэродинамическую установку; водяной контур; воздушный контур; контур хладагента (холодильная машина).

Испытательный стенд (рис. 1) состоит из двух блоков, каждый блок разделен перегородкой. Блок 1 предназначен для испытания водяных воздухоохладителей и воздухонагревателей, блок 2 предназначен для испытания испарителей и конденсаторов.

Принцип действия установки следующий: воздух забирается с улицы и вентиляторами нагнетается в систему обработки воздуха, состоящую из электронагревателя, воздушного фильтра, увлажнителя. Расход воздуха регулируется заслонками. Далее, подготовленный воздух поступает в блок 1 или блок 2, где происходит испытание выбранного теплообменного оборудования (обеспечивается наличием байпаса в каждой камере).

Схема водяного контура для воздухонагревателя (рис. 2) работает следующим образом: вода из бака холодной воды через фильтр направляется в бойлер, где подогревается до заданной температуры и насосом нагнетается в трубное пространство воздухонагревателя. Проходя через нагреватель, вода передает тепло воздуху и охлаждается. Температуры воды на входе и выходе из воздухонагревателя измеряются датчиками температуры, также с помощью дифманометра измеряется перепад давлений на воздухонагревателе. Охлажденная вода поступает в расширительный бак, затем направляется в бак холодной воды, при этом предварительно измеряется расход

воды с помощью электромагнитного расходомера. Измеренные параметры передаются на ПК, где осуществляется их обработка. Схема водяного контура для воздухоохладителя незначительно отличается от рассмотренной выше схемы водяного контура для воздухонагревателя. Однако если воздух в теплообменнике охлаждается ниже точки росы, процесс сопровождается выпадением конденсата. Для измерения выпадающего конденсата установлены электронные весы с классом точности 0,1.

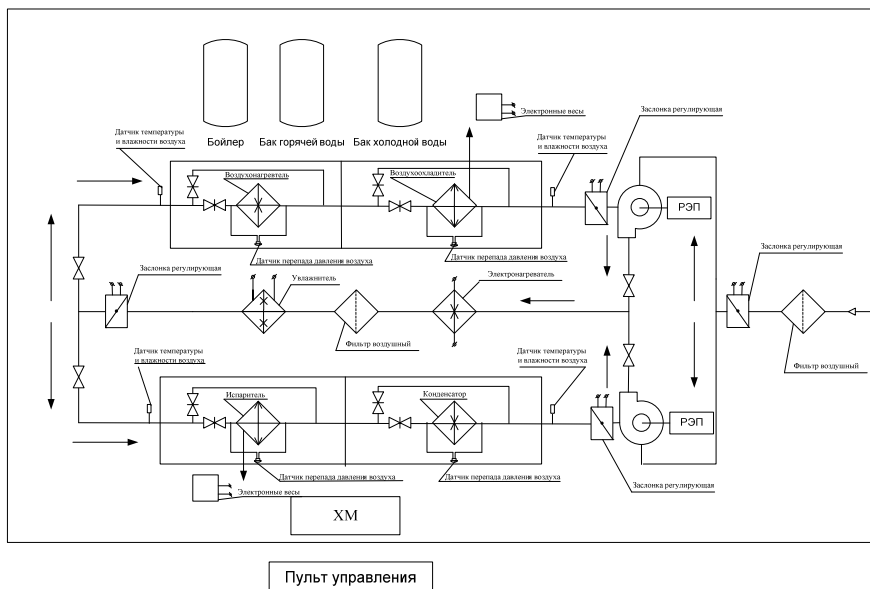


Рис. 1. Принципиальная схема испытательного стенда

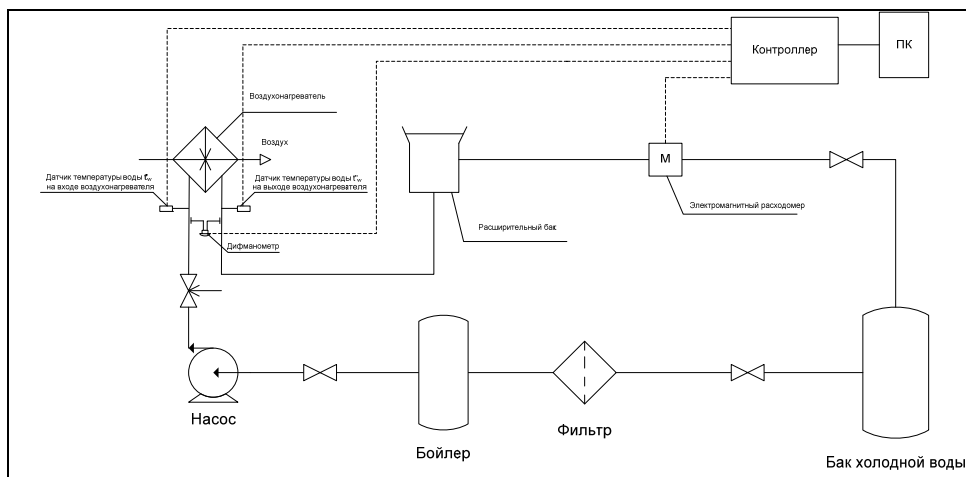


Рис. 2. Схема водяного контура (воздуонагреватель)

Конструкция испытательного стенда обеспечивает измерение и регистрацию следующих параметров:

- расход, температура и относительная влажность воздуха на входе и выходе испытываемого агрегата, а также в помещении стенда;
- перепад давления воздуха между входом и выходом испытываемого агрегата;

– масса собранного конденсата;  
 – давление кипения и конденсации, температуры перегрева и переохлаждения фреона.

Для обеспечения точности измерений было выбрано соответствующее оборудование с классом точности не ниже 0,5 (см. таблицу). Все датчики и приборы имеют последовательный интерфейс типа RS-485, что позволяет использовать промышленный контроллер для подключения устройств и передачи данных для дальнейшей их обработки на ПК.

#### Перечень оборудования для испытательного стенда

Измеряемый параметр	Прибор
Перепад давлений	Датчик-реле избыточного давления или разности давлений для промышленности и лабораторных исследований
Расход воды	Электромагнитный расходомер СИМАГ 11
Расход воздуха	Расходомер Ирвис-К-300
Температура и влажность воздуха	Электронный цифровой термометр-психрометр
Температура	Интеллектуальный термометр термопары ZET7020 ТермоТС-485
Избыточное и вакуумметрическое давление	Прецизионный цифровой манометр ДМ5002
Давление	Манометр цифровой МЦ-1,6
Масса конденсата	Электронные весы ViBRA CJ-820ER
Напряжение	Вольтметр ЦВ2101
Мощность тока	Ваттметр СР3010/2-232,485

Таким образом, испытательный стенд позволяет проводить теплотехнические испытания теплообменного оборудования, а программное обеспечение ведет регистрацию параметров с занесением измеренных и рассчитанных параметров в файл протокола измерений и отображает в процессе измерений график измеряемых величин в реальном времени.