

## 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, протекающие 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 т. п. 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 как 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.

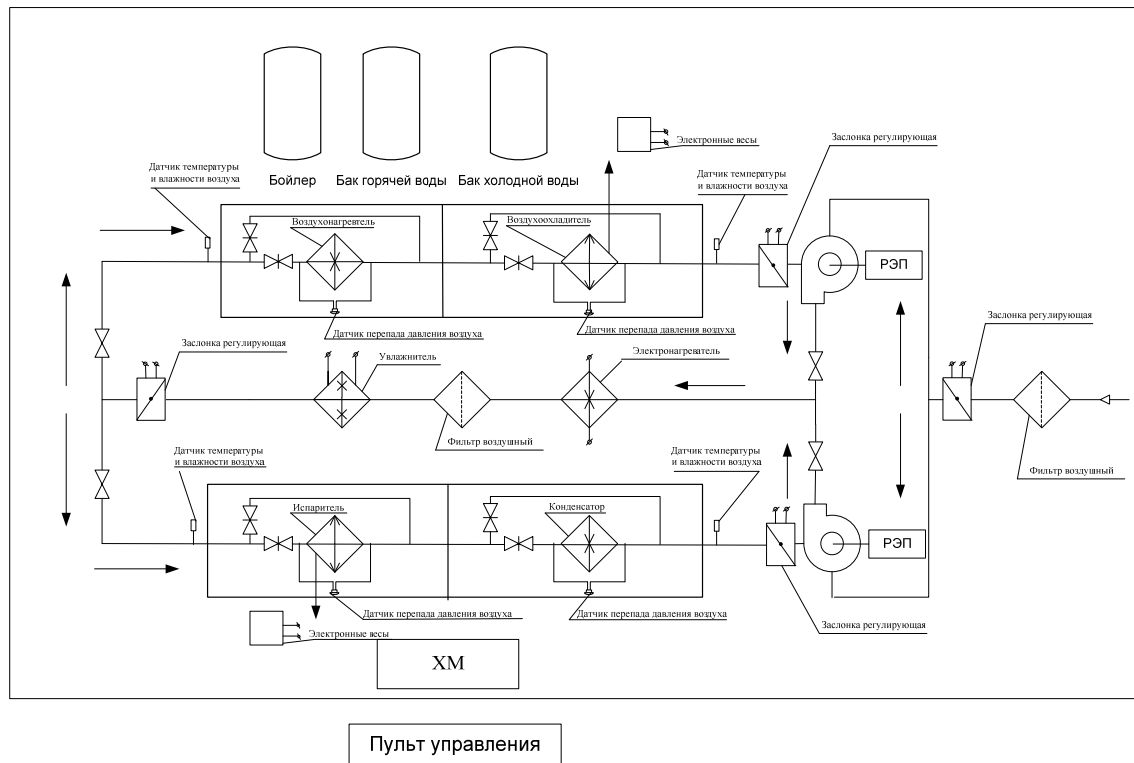


Рис. 1. Принципиальная схема испытательного стенда

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, или одновременно в оба блока. В блоке 1 можно одновременно испытывать воздухонагреватель и воздухоохладитель, также существует возможность проведения испытаний отдельно (обеспечивается наличием байпаса в каждой камере).

Конструкция испытательного стенда обеспечивает измерение и регистрацию следующих параметров (табл. 1).

**Объем выполняемых измерений для определения теплотехнических характеристик теплообменного оборудования**

Параметр	Объем выполняемых измерений для определения		
	коэффициента теплопередачи	аэродинамического сопротивления	гидравлического сопротивления
Атмосферное давление воздуха, $P_b$ , кПа	+	+	–
Температура воды на входе воздухонагревателя, $t'_{w}$ , °С	+	+	–
Температура воды на входе и на выходе воздухонагревателя, $t''_{w}$ , °С	+	–	–
Температура воздуха на входе воздухонагревателя, $t'_{a}$ , °С	+	+	–
Температура воздуха на выходе воздухонагревателя, $t''_{a}$ , °С	+	–	–
Разность давлений воздуха в расходомере, $\Delta P$ , кПа	+	+	–
Разность давлений воздуха на входе и выходе воздухонагревателя, $\Delta P_e$ , кПа	–	+	–
Разность давлений воды на входе и выходе воздухонагревателя, $\Delta P_w$ , кПа	–	–	+
Температура воды на входе воздухоохладителя, $t'_{w}$ , °С	+	+	–
Температура воды на выходе воздухоохладителя, $t''_{w}$ , °С	+	–	–
Температура воздуха на входе воздухоохладителя, $t'_{a}$ , °С	+	+	–
Температура воздуха на выходе воздухоохладителя, $t''_{a}$ , °С	+	–	–
Разность давлений воздуха на входе и выходе воздухоохладителя, $\Delta P_e$ , кПа	–	+	–
Разность давлений воды на входе и выходе воздухоохладителя, $\Delta P_w$ , кПа	–	–	+
Температура воздуха на входе испарителя, $t_{e1\_u}$ , °С	+	+	–
Температура воздуха на выходе испарителя, $t_{e2\_u}$ , °С	+	–	–
Температура кипения и конденсации хладагента, $t_{н}$ , °С	+	+	–
Температура воздуха на входе и на выходе конденсатора	+	–	–
Температура всасывания паров хладагента, $t_{вс}$ , °С	+	–	–
Температура хладагента перед дросселем, $t_{д}$ , °С	+	–	–

Для обеспечения точности измерений было выбрано соответствующее оборудование с классом точности не ниже 0,5 (табл. 2). Все датчики и приборы имеют последовательный интерфейс типа RS-232 или RS-485, что позволяет использовать РС-совместимый промышленный контроллер для подключения устройств и передачи данных по протоколу Modbus и дальнейшей их обработки на компьютере.

Таблица 2

**Перечень оборудования для испытательного стенда**

<b>Измеряемый параметр</b>	<b>Прибор</b>
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 TermoTC-485
Избыточное и вакуумметрическое давление	Прецизионный цифровой манометр ДМ5002
Давление	Манометр цифровой МЦ-1,6
Масса конденсата	Электронные весы ViBRA CJ-820ER
Ток	Амперметр Omix P44-A-1-0,5-RS
Напряжение	Вольтметр ЦВ2101
Мощность тока	Ваттметр СР3010/2-232,485

Таким образом, испытательный стенд позволит проводить теплотехнические испытания теплообменного оборудования, а программное обеспечение – вести автоматическую регистрацию параметров с занесением измеренных и рассчитанных параметров в файл протокола измерений; одновременный расчет влагосъема, холодо- и теплопроизводительности; отображение в процессе измерений графика измеряемых величин в реальном времени.