

Продолжаем тему о нагреве воздуха, воздухонагревателях и проблемах, связанных с их расчетом, управлением и безаварийной эксплуатацией.

4. Я столкнулся с тем, что узлы обвязки и управления нагревателей изображают по-разному. Например, кроме основной перемычки с трехходовым клапаном применяют еще одну: или до (по ходу воды), или после основной. Различаются места установки водяного регулирующего клапана и циркуляционного насоса — на подающей или обратной. В чем здесь дело?

Ваш вопрос вполне резонный. Чтобы найти правильный ответ, надо помнить о том, что в этом узле (а, точнее, подсистеме) одновременно и взаимосвязанно протекают аэродинамические, гидравлические и тепловые процессы (рис. 1). Клапан на корпусе имеет маркировку, указывающую его тип: смесительный (на подающей) либо разделительный (на обратной). Из условия опасности кавитации, которую проверяют расчетом [1, п. 5.19], желательна установка клапана на обратной воде, где температуры ниже. По этому же условию на обратной лучше устанавливать и циркуляционный насос.

Что касается гидравлических режимов, то они зависят, прежде всего, от соотношения перепада $p_1 - p_2$ между подающей и обратной и давления насоса p_n . Если $p_1 - p_2 \gg p_n$, то вместо обычного дросселирования, изменяющего одновременно как $p_1 - p_2$, так и расход внешней воды лучше применять гидравлический «шунт», перепуская воду по перемычке, предшествующей основной. Другую перемычку (после основной) применяют для перепуска воды мимо основной перемычки, если расчет в режиме, опасном по замерзанию, указывает на то, что

возможны автоколебания плунжера клапана вблизи его закрытия ($h < 3$ мм), когда срабатывает автоматическая защита. О том, как это узнать, пользуясь характеристикой клапана с разными плунжерами, кратко описано в ответе на вопрос 5.

5. При выборе и расчете нагревания воздуха приходится анализировать разные режимы работы аппарата при разных температурах воздуха и воды. Существует ли способ, как это делать в более общем виде, но при этом наиболее просто и наглядно?

Да, такой метод разработан автором этих строк и представлен номограммой в книге проф. А.Г. Сотникова [1, Т. I, гл. 5, рис. 5.33], она показана на рис. 2 на четырех квадрантах и взаимосвязанных построений на них. Основу анализа составляют: выбор нагревателя в расчетном и любом промежуточном режимах при известных t_n , t_k и $t_{w,n} = f_2(t_n)$ от ТЭЦ или котельной (этот график обычно не соблюдается), а также график зависимости $t_k = f_1(t_n)$, которая постоянна или переменна в случае воздушного отопления. Кроме того, наносят график (линию) или поле (на рис. 2 заштриховано) зависимости $t_{w,n} = f_2(t_n)$. Для оценки характеристики режима наносят соответствующую кривую повторяемости температур:

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta t_n} = f_3(t_n).$$

Во втором квадранте строят линию:

$$\theta_{в.см} = \frac{t_k - t_n}{t_{w,см} - t_n} = const,$$

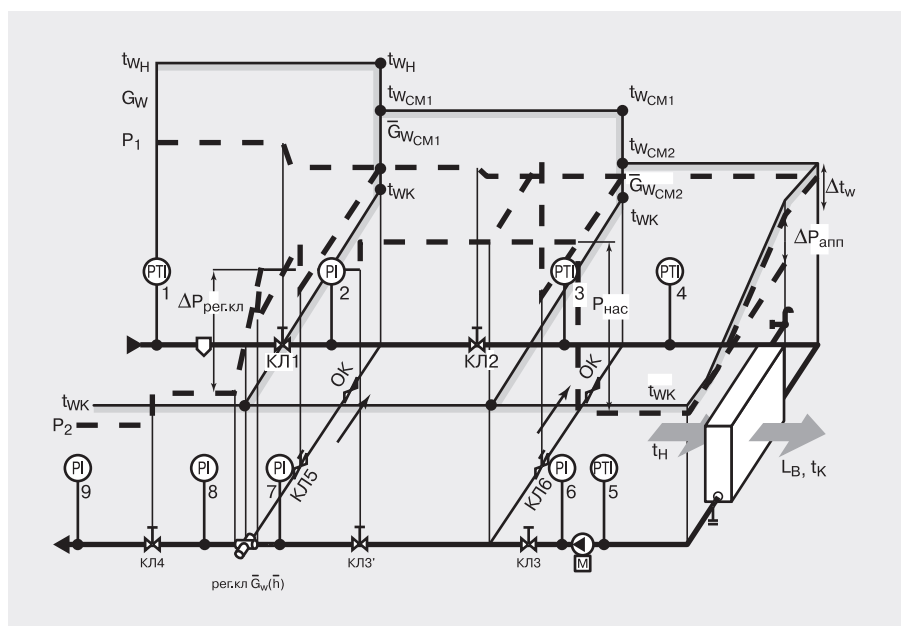


Рис. 1. Эпюры распределения температур и давлений воды в узле управления воздухонагревателем в схеме с подмешиванием

если принять расход нагреваемого воздуха $L_{np} = \text{const}$, и линию

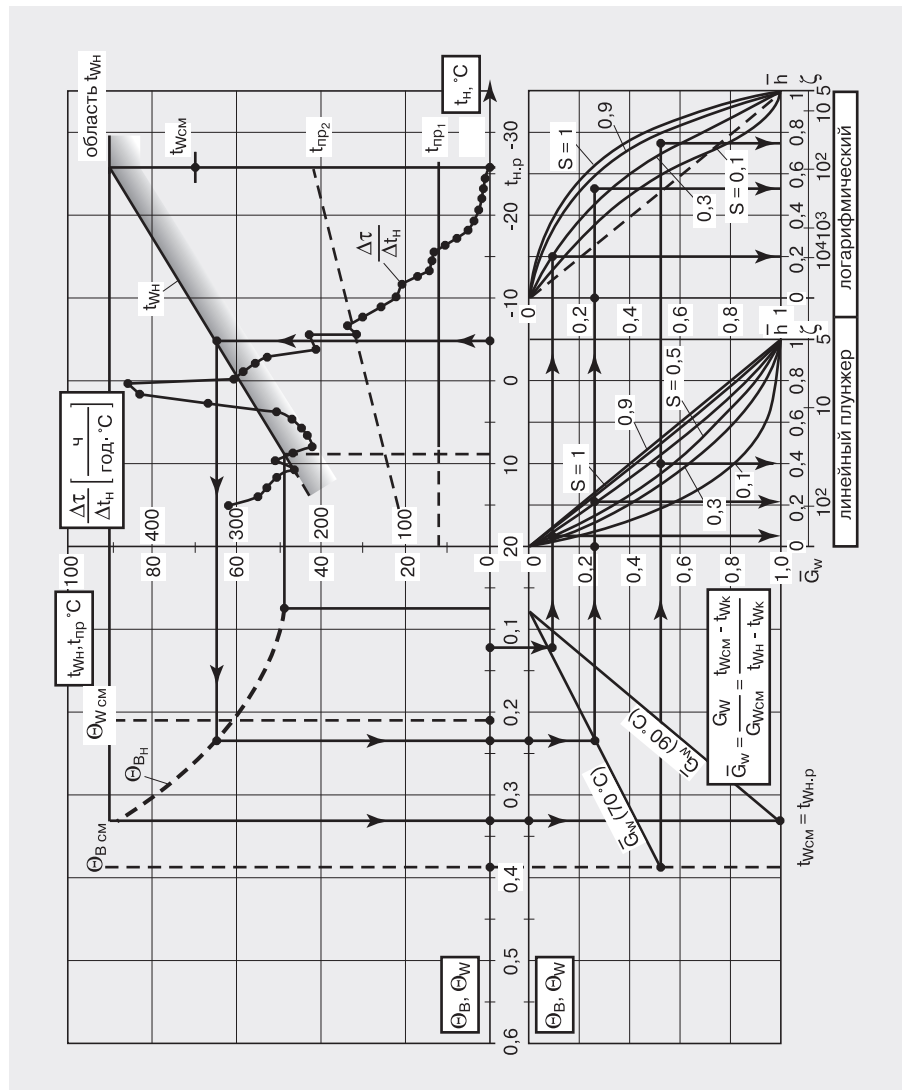
$$q_{в.н} = (t_k - t_n) = (t_{w.н} - t_n) = \text{var}$$

при нескольких определенных значениях наружной температуры. В третьем квадранте строят прямую относительного расхода внешней (горячей) воды

$$\bar{G}_w = \frac{G_w}{G_{w.см}} = f(\theta_{w.н})$$

по двум точкам: при $t_{н.рх}$ и $t_n = t_{пр}$, когда нагрев прекращается и $\bar{G}_w = 0$.

Наконец, в четвертом квадранте в любом режиме нагрева и относительном расходе определяют искомое положение плунжера с линейной или логарифмической характеристикой при относительном сопротивлении клапана $S = 0,1-1$, оценивают степень его закрытия и опасность замерзания воды при автоколебаниях вблизи закрытия. Подробный пример такого анализа приведен в цитируемой книге (пример 5.11), а результаты графических построений показаны в виде линий на рис. 2. Если оказывается, что даже при логарифмическом плунжере возможно его положение вблизи закрытия, то применяют дополнительную переключку кроме основной, и по ней пропускают в таком режиме часть воды. На подобной номограмме возможно производить анализ режимов работы воздухоохладителя.



❖ Рис. 2. Номограмма для анализа годовых режимов работы и управления воздухонагревателями

6. Я занимаюсь проектированием и, к сожалению, давно запутался в том, как описано замерзание воды в трубах, его многочисленные причины и сопутствующие факторы. Часто это явление объясняют «на пальцах», без формул, цифр и каких-либо серьезных обоснований. Правильно ли это, и как здесь разобраться?

Да, во много вы правы, есть путаница, бессистемность и противоречивость в описаниях этого явления в силу его многофакторности. На основании ряда работ (Зингерман И.И., Рымкевич А.А., Минин В.Е. и др.) нужно системно разделить основную причину и факторы во взаимосвязи с методом управления нагревателем. Основная физическая причина замерзания — малая скорость воды в трубах (0,1-0,2 м/с), ламинарный режим движения, отсутствие перемешивания частиц и переохлаждение воды при соединении трубок последовательно. Однако такие причины были характерны для прошлого, до середины 1990-х гг., когда процессом нагревания управляли расходом воды, иначе, скоростью в трубах. В отечественных аппаратах трубки соединяли последователь-

но, а время движения воды могло достигать одну-две минуты. К факторам замерзания воды относили неправильную методику расчета процесса, значительный запас поверхности, недостатки конструкции и эксплуатации, несанкционированные действия.

Сейчас ситуация коренным образом изменилась. При наличии циркуляционных насосов на разные расходы и давления и значительной линейки трехходовых водяных клапанов скорость в трубах значительна, и в этом смысле замерзание воде не грозит. Однако, такой вывод не совсем верен, просто срабатывание защиты и опасность замерзания относится к другому режиму, когда при малой эффективности нагрева, например, $q_{в.см} < 0,1$, уменьшенном расходе воздуха и малом расходе внешней (горячей) воды плунжер находится вблизи закрытия, и происходят автоколебания в системе регулирования. Не находя равновесия, плунжер в какой-то момент садится на седло, закрывает доступ горячей воде, поэтому циркулирующая вода начинает быстро остывать, и ее температура за время 30–60 с достигнет значе-

ния «уставки» датчика защиты [1, пример 5.14]. При срабатывании защиты поступит сигнал оператору, который на месте должен убедиться, что трубки не потекли, и вручную включить установку в работу. Спустя некоторое время такая ситуация может повториться. О том, как это избежать написано выше. Конечно, при таком кратком описании многие тонкости и детали опущены, оставлено для понимания только главное.

Хочется отметить и ошибки в схеме защиты. Она должна работать по-разному в рабочее и нерабочее время. Датчик, как в любой системе защиты, должен быть не усредненный по воздуху после аппарата, а в критической точке перед аппаратом, откуда идет опасность, и где температура воздуха в нерабочее время наименьшая [2]. ●

1. Сотников А.Г. Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции / Теория, техника и проектирование на рубеже столетий. — СПб.: АТ-Publishing, Т. I, 2005; Т. II, Ч. I, 2006; Т. II, ч. 2, 2007.
2. Стрижонков О.Г. Качество автоматической защиты калориферов // Водоснабжение и санитарная техника, №1/1985.