

Принципы выбора регулирующего вентиля для смесительного узла тепловых завес.

Регулирующий вентиль смесительного узла прежде всего должен быть выбран таким образом, чтобы обеспечить в теплообменнике или нескольких теплообменниках, подключенных к смесительному узлу, такой расход воды, при котором будет установлен оптимальный тепловой режим работы теплообменника или теплообменников. Анализ теплового режима работы теплообменника завесы можно провести с использованием параметра $C_{ко}$ (который ранее уже использовался нами для определения тепловой мощности теплообменника при заданных входных условиях), характеризующего тепловые свойства теплообменника завесы при ее работе на выбранной скорости работы вентилятора завесы.

Численно параметр $C_{ко}$ можно определить как расход воды через теплообменник G , при котором значение температуры воды на выходе теплообменника T_x будет находиться посередине между значениями входных температур воды T_r и воздуха T_o . То есть, когда разность температур воды на входе и выходе теплообменника будет равна разности температуры воды на выходе теплообменника и температуры окружающего воздуха. Для завес «Антарес» с водяным теплообменником при работе завесы на максимальной скорости значение $C_{ко}$ равняется 0,11 л/с (0,4 м³/час). При работе завесы на половинной скорости значение $C_{ко}$ будет 0,06 л/с (0,22 м³/час). Для других завес и теплообменников параметр $C_{ко}$ можно приближенно посчитать исходя из приведенных в технической документации данных по следующей формуле:

$$C_{ко} = G \times \frac{T_r - T_x}{T_x - T_o}$$

Тепловые свойства теплообменника в достаточной мере определяются отношением расхода воды через теплообменник к параметру $C_{ко}$. На графике рис. 1 приведена зависимость удельной тепловой мощности теплообменника завесы q от удельного расхода g , где в качестве удельного расхода используется отношение

расхода воды через теплообменник G к значению параметра $C_{ко}$: $g = G / C_{ко}$.

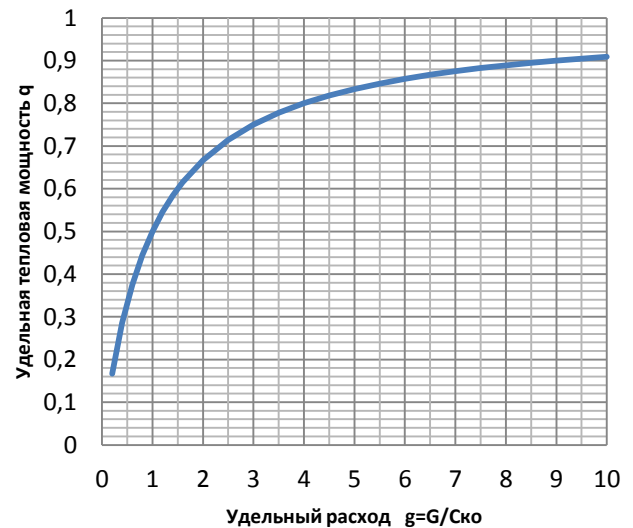


Рис. 1. Удельная тепловая мощность теплообменника в зависимости от удельного расхода $g = G / C_{ко}$.

С хорошей точностью зависимость удельной тепловой мощности теплообменника от удельного расхода определяется следующим простым выражением:

$$q = \frac{g}{1 + g}$$

Определенная таким образом удельная тепловая мощность является безразмерной величиной. Чтобы из удельной тепловой мощности получить значение тепловой мощности завесы Q в кВт, нужно просто умножить удельную тепловую мощность q на теплоемкость воды (4,2 кВт/(кг×град)), на параметр $C_{ко}$ (в л/с) и на разность входных температур (температуры воды на входе теплообменника T_r и температуры окружающего воздуха T_o):

$$Q = 4.2 \times C_{ко} \times q \times (T_r - T_o)$$

На основании приведенной на рис. 1 зависимости можно проанализировать величину тепловой мощности теплообменника при различных расходных режимах работы теплообменника и определиться со схемой смесительного узла.

При снижении расхода воды через теплообменник ниже значения параметра $C_{ко}$ (значение удель-

ного расхода g меньше 1), происходит (см. рис.1) резкое снижение тепловой мощности теплообменника и температуры воды на выходе теплообменника и повышается риск замораживания теплообменника при низкой температуре окружающего воздуха. Поэтому, если имеющийся в системе перепад давления между прямым и обратным трубопроводами системы не обеспечивает расход воды через теплообменники завес, больший чем значение параметра $C_{к0}$, то рекомендуется использовать смесительный узел по двухконтурной схеме с циркуляционным насосом. Благодаря циркуляционному насосу часть расхода воды с выхода теплообменников через обратный клапан возвращается на вход теплообменников. Температура воды образовавшейся смеси на входе теплообменников будет меньше, но возрастет расход воды через теплообменники и повысится температура воды на выходе теплообменников, что в совокупности с увеличившимся расходом воды через теплообменники существенно снизит риск замораживания теплообменников. При этом тепловая мощность теплообменников снизится незначительно: не более, чем на 5 – 10 процентов.

Согласно рис.1 видно, что при расходе воды, большем чем 4 – 5 значений $C_{к0}$, тепловая мощность мало меняется при увеличении расхода воды. Так, при увеличении расхода воды через теплообменник со значения в $5 \times C_{к0}$ (значение удельного расхода $g=5$) до значения в $10 \times C_{к0}$ (значение удельного расхода $g=10$) тепловая мощность теплообменника возрастет лишь на 9%. Поэтому нет смысла пропускать через теплообменник расход воды, больший чем 4 – 5 значений $C_{к0}$. Режим работы завесы, когда при температуре воды на входе теплообменника 95 градусов температура на выходе теплообменника составит 70 градусов соответствует расходу воды в 2 – 2,5 значения $C_{к0}$.

Так как для теплообменников завес «Антарес» значение $C_{к0}$ при работе завесы на максимальной скорости равно 0,11 л/с (0,4 м³/час), желательно при расчете смесительного узла для завес «Антарес» с водяными теплообменниками обеспечить, чтобы через каждую завесу расход воды через теплообменник был в

пределах 1,5 – 2 м³/час, что будет соответствовать 4 – 5 значениям $C_{к0}$. Таким образом, к смесительному узлу с регулирующим вентилем со значением $Kvs=4$ м³/час при имеющемся перепаде давления в системе порядка 100 кПа можно подключить параллельно 2 – 3 завесы «Антарес» с водяными теплообменниками.

Если к одному смесительному узлу требуется подключить большее количество завес «Антарес» или имеющийся перепад давления в системе существенно ниже 100 кПа, то следует выбрать регулирующий вентиль с большим значением Kvs или уменьшить количество подключаемых к смесительному узлу завес.

Значение Kvs определяет пропускную способность открытого регулирующего вентиля при перепаде давления воды 100 кПа. То есть если регулирующий вентиль с $Kvs=4$ м³/час подключить в систему с перепадом давления в 100 кПа, то расход воды через регулирующий вентиль будет 4 м³/час. Зависимость перепада давления от расхода примерно квадратичная. Поэтому если вместо 100 кПа в системе имеется, например, в 4 раза меньший перепад давления величиной 25 кПа, то расход воды через регулирующий вентиль уменьшится в 2 раза и составит 2 м³/час. В общем случае расход воды через регулирующий вентиль G (в м³/час) при некотором перепаде давления ΔP (в кПа) и известном значении Kvs можно посчитать по формуле:

$$G = \frac{Kvs}{\sqrt{100}} \sqrt{\Delta P}.$$

Так как у теплообменника завесы зависимость перепада давления от расхода воды в теплообменнике также близка к квадратичной (параметр степени равен примерно 1,85), то для теплообменника завесы тоже можно ввести параметр, аналогичный Kvs регулирующего вентиля. При перепаде давления в 100 кПа расход воды через теплообменник завесы «Антарес» составит 13 м³/час. Поэтому можно считать, что Kvs завесы равен 13. Если параллельно подключены, например, три теплообменника завесы, то общий Kvs системы трех параллельно подключенных теплооб-

менников будет в три раза больше и составит 39 м³/час.

Регулирующий вентиль смесительного узла с теплообменником завесы или системой параллельно подсоединенных теплообменников завес подключается последовательно. При последовательном подключении пропускная способность системы определяется преимущественно элементом, у которого меньшее значение Kvs. Если система состоит из двух элементов с равными Kvs (например, два одинаковых регулирующих вентиля), то Kvs системы будет примерно на 30% меньше Kvs одного элемента. Если же Kvs одного элемента в 2 раза больше Kvs другого элемента, то Kvs системы будет примерно на 10% меньше Kvs элемента с минимальным Kvs. Так, если у регулирующего вентиля Kvs=4 м³/час, а у теплообменника Kvs=8 м³/час, то Kvs системы будет примерно 3,6 м³/час. А если Kvs одного элемента в 3 раза больше Kvs другого элемента, то Kvs системы будет только на 5% меньше Kvs элемента с минимальным Kvs. Таким образом, если у теплообменника завесы или у параллельно подключенных нескольких теплообменников Kvs значительно больше, чем Kvs регулирующего вентиля, то при расчетах в качестве Kvs системы регулирующий вентиль - теплообменник можно принимать значение Kvs регулирующего вентиля. В общем случае при последовательном соединении двух элементов с Kvs_a и Kvs_b общий Kvs_{ab} системы рассчитывается следующим образом:

$$Kvs_{ab} = \frac{Kvs_a \times Kvs_b}{\sqrt{Kvs_a^2 + Kvs_b^2}}$$

Если теплообменники завес соединены в параллель друг с другом трубами значительной длины и малого пропускного сечения, то может оказаться, что Kvs подводющих труб будет сравним или даже меньше Kvs теплообменника и расходы воды в теплообменниках будут значительно отличаться между собой, что выразится в существенном отличии температур воды на выходе теплообменников и тепловых мощностей теплообменников. В таком случае на выходе теплообменников можно поставить балансировочные клапаны,

с помощью которых можно сбалансировать (уравнять) расходы воды в теплообменниках.

Оценить Kvs подводющих труб можно с помощью следующего выражения, полученного на основании формулы Дарси-Вейсбаха:

$$Kvs_{\text{труб}} = 0.0073 \times \frac{D^{2.5}}{\sqrt{L}}$$

Здесь D – внутренний диаметр подводющих труб в мм, L – длина подводющих труб (туда и обратно) в м. При общей длине подводющих труб, например, 30 метров и внутреннем диаметре труб 40 мм получаем значение Kvs подводющих труб 13,5 м³/час, что близко с Kvs теплообменника 13 м³/час. В таком случае в расход воды через «дальний» теплообменник (последовательная система подводющие трубы – теплообменник) будет на 30% меньше, чем расход воды через «ближний» теплообменник, и для уравнивания расходов воды в теплообменниках желательно применять балансировочные клапаны.

С учетом вышеизложенного, для теплообменников завес «Антарес» можно порекомендовать следующее.

К смесительному узлу с регулирующим вентилям Kvs=4 м³/час можно подсоединять до 3 завес с перепадом давления в системе 50 – 100 кПа и до 2 завес с перепадом давления 25 – 50 кПа.

К смесительному узлу с регулирующим вентилям Kvs=6,3 м³/час можно подсоединять до 4 завес с перепадом давления в системе 50 – 100 кПа и до 3 завес с перепадом давления 25 – 50 кПа.

Если теплообменники завес соединены в параллель друг с другом трубами общей длиной более 30 метров внутренним диаметром менее 40 мм, то на выходе теплообменников желательно поставить балансировочные клапаны.

При перепаде давления ниже 25 кПа во избежание вероятности замораживания теплообменников следует использовать смесительный узел по двухконтурной схеме с циркуляционным насосом.