

Определение оптимальной скорости воды в тепловой сети

Существующие в настоящее время предложения относительно оптимальной скорости движения воды в трубопроводах систем теплоснабжения (до 3 м/с) и допустимых удельных потерях давления R (до 80 Па/м) основаны главным образом на технико-экономических расчетах. Они учитывают, что с ростом скорости уменьшаются сечения трубопроводов и снижается объем теплоизоляции, т.е. сокращаются капиталовложения в устройство сети, но одновременно увеличиваются эксплуатационные затраты на перекачку воды из-за роста гидравлического сопротивления, и наоборот. Тогда оптимальная скорость соответствует минимуму приведенных затрат за расчетный срок амортизации системы.

Однако в условиях рыночной экономики обязательно следует принимать во внимание дисконтирование эксплуатационных издержек $\mathcal{E}$ (руб./год) и капитальных затрат K (руб.). В этом случае формула для вычисления совокупных дисконтированных затрат (СДЗ), при использовании заемных средств, приобретает следующий вид:

$$\text{СДЗ} = K \cdot \beta_1 + \mathcal{E} \cdot \beta_2, \text{ руб.}$$

$$\text{где } \beta_1 = \left(1 + \frac{p}{100}\right)^T; \beta_2 = \left[\left(1 + \frac{p}{100}\right)^T - 1\right] \cdot \frac{100}{p}$$

В данном случае β_1 и β_2 - коэффициенты дисконтирования капитальных и эксплуатационных затрат, вычисляемые в зависимости от расчетного срока амортизации T (лет), и нормы дисконта p . Последняя учитывает уровень инфляции и рисков капиталовложений, т.е., в конечном счете, степень нестабильности экономики и характер изменения текущих тарифов, и определяется обычно методом экспертных оценок. В первом приближении величина p соответствует годовому проценту за банковский кредит. На практике ее можно принимать в размере ставки рефинансирования ЦБ РФ. Начиная с 15

января 2004 г., она равна 14% годовых.

Причем заранее неизвестно, что минимум СДЗ с учетом дисконтирования будет соответствовать такому же уровню скорости воды и удельных потерь, которые рекомендуются в литературе. Поэтому целесообразно провести новые расчеты с использованием современного диапазона цен на трубопроводы, теплоизоляцию и электроэнергию. В этом случае, если считать, что трубопроводы функционируют в условиях квадратичного режима сопротивления, и вычислять удельные потери давления по формулам, приведенным в литературе, для оптимальной скорости движения воды можно получить следующую формулу:

$$v_{opt} = 0,22 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{ТИ} \cdot C_D \cdot \beta_1 \cdot \sqrt[4]{D}}{C_{эл} \cdot \beta_2}}.$$

Здесь $K_{ТИ}$ - коэффициент удорожания трубопроводов за счет наличия теплоизоляции. При применении отечественных материалов типа минераловатных матов можно принять $K_{ТИ} = 1,3$. Параметр C_D представляет собой удельную стоимость одного метра трубопровода (руб./м²), отнесенную к внутреннему диаметру D (м). Поскольку в прайс-листах обычно указывается цена в рублях за тонну металла C_M , пересчет необходимо производить по очевидному соотношению $C_D = \pi \cdot \rho \cdot C_M \cdot \delta \cdot 10^{-3} = 0,0245 \cdot C_M \cdot \delta$, где δ - толщина стенки трубопровода (мм), $\rho = 7,8$ т/м³ - плотность материала трубопроводов. Величина $C_{эл}$ соответствует тарифу на электроэнергию. Для города Читы $C_{эл} = 3,97$ руб./кВтч.

Формула получена из условия $d(СДЗ)/dv=0$. Определение эксплуатационных затрат производилось с учетом того, что эквивалентная шероховатость стенок трубопроводов равна 0,5 мм, а КПД сетевых насосов составляет около 0,8. Плотность воды ρ_w считалась равной 920 кг/м³ для характерного диапазона температур в тепловой сети. Кроме того, предполагалось, что циркуляция в сети осуществляется

круглогодично, что вполне оправданно, исходя из нужд горячего водоснабжения.

Анализ формулы показывает, что для больших сроков амортизации T (10 лет и выше), характерных для тепловых сетей, отношение коэффициентов дисконтирования β_1/β_2 практически равно своему предельному минимальному значению $p/100$. В этом случае выражение приведенное выше дает наименьшую экономически целесообразную скорость воды, соответствующую условию, когда годовой процент за кредит, взятый на строительство, равен годовой прибыли от снижения эксплуатационных издержек, т.е. при бесконечном сроке окупаемости. При конечном сроке оптимальная скорость будет выше. Но в любом случае эта скорость будет превышать вычисленную без учета дисконтирования, поскольку тогда, как легко убедиться, $\beta_1/\beta_2 = 1/T$, а в современных условиях пока получается $1/T < p/100$.

Таким образом, экономически оптимальная скорость воды в тепловых сетях, вычисленная для условий современной рыночной экономики, в принципе не выходит за пределы, рекомендованные в литературе. Однако, эта скорость меньше зависит от диаметра, чем при соблюдении условия по допустимым удельным потерям, и при малых и средних диаметрах оказываются целесообразными повышенные значения R вплоть до 300 - 400 Па/м. Следовательно, предпочтительнее дополнительно снижать капитальные вложения (в данном случае - уменьшать сечения и увеличивать скорость), и тем в большей степени, чем выше норма дисконта. Поэтому имеющееся в ряде случаев на практике стремление к сокращению единовременных затрат при устройстве инженерных систем получает теоретическое обоснование.

